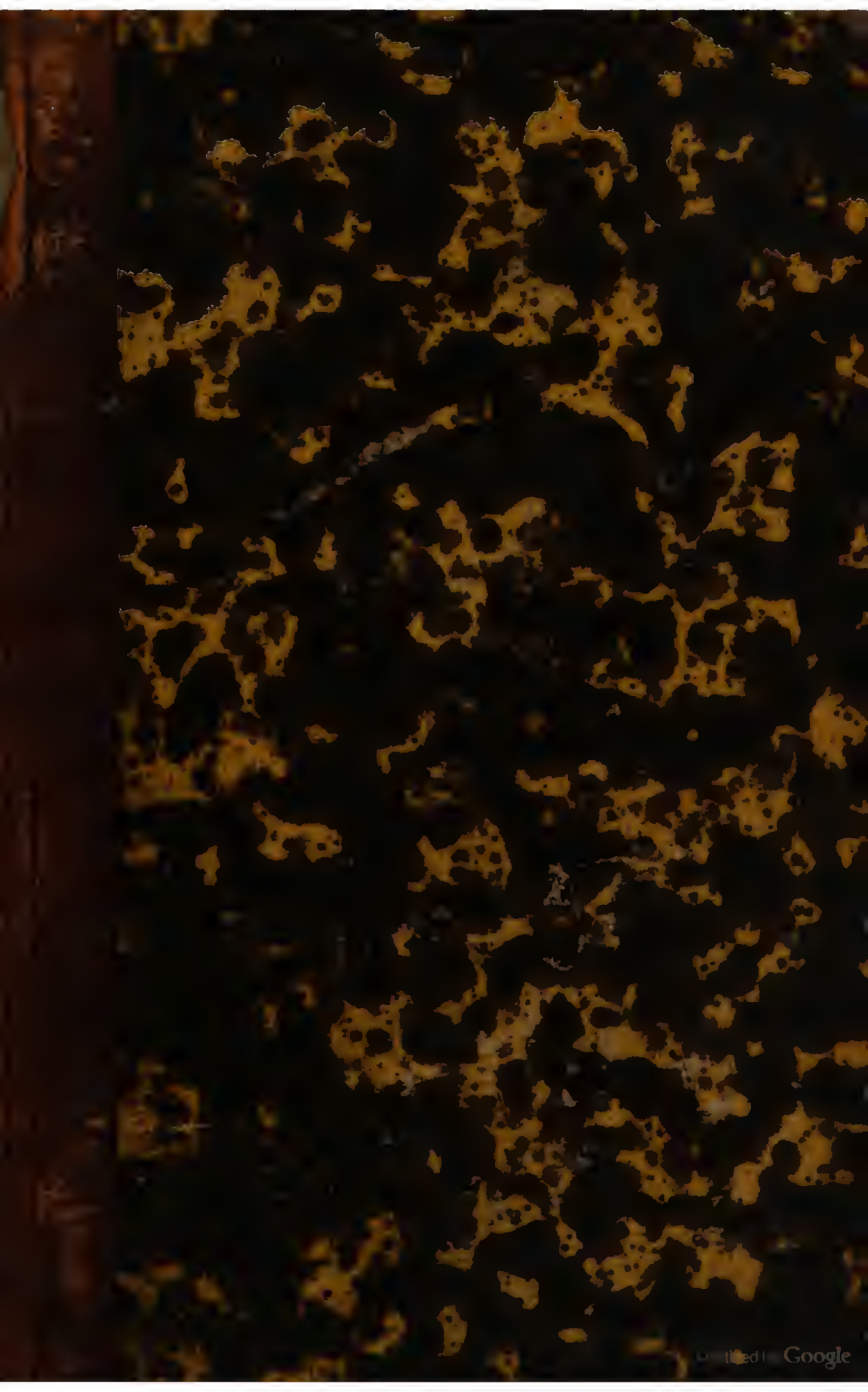

Digitized by Google

NAZIONALE
B. Prov.
IV
912
NAPOLI
BIBLIOTECA
VITT. EM. III

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio O

Palchetto G

Num.° d' ordine 14

20539
Ac
2/911

B. Prov.
IV
912
X 3
1 1
3 4

61h372

Aſtronomiſche Briefe.

Von

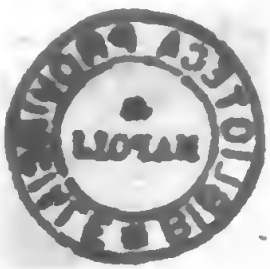
Dr. J. H. Mädler,

Kaiſerl. Ruſſ. Collegienrathe, ordentl. Profeſſor der Aſtronomie, Ritter des St. Annenordens, Director der Sternwarte zu Dorpat.

Mitau,

Verlag von G. A. Reyher.

1846.


LIOPLAN

Ihrer Königlichen Hoheit

der

Frau Herzogin zu Anhalt

Friederike Wilhelmine Louise Amalie

ehrfurchtsvoll gewidmet

von

J. H. Mädler.

Vorbemerkungen.

Die Reihenfolge von aſtronomiſchen Briefen, welche ich zuerſt in den wiſſenſchaftlichen Beilagen der Augsburger Allgemeinen Zeitung veröffentlichte, erſcheint hier, nochmals überarbeitet und vervollſtändigt, in einer geordneten Sammlung, der ich nur Weniges vorauszuſchicken habe.

Mehr als je zeigt ſich bei allen gebildeten Völkern, und bei dem deutſchen insbeſondere, das Beſtreben, die Naturwiſſenſchaften zu einem wahren Gemeingut zu machen. Was England durch ſeine Bridgewater Bücher bezweckte, was in Frankreich die ausgezeichnetſten Talente, Arago an ihrer Spitze, in ihren populären Schriften anſtrebten, dazu haben auch in Deutſchland manche tüchtige Gelehrte Hand an's Werk gelegt, und es dürfte keine Wiſſenſchaft mehr übrig ſein, zu der dem Volke nicht der Zugang vielfältig eröffnet worden wäre. Namentlich fand die Aſtronomie ſchon frühzeitig in Bode einen Vertreter, der ſie auch dem Laien zugänglich zu machen ein langes

thätiges Leben hindurch mit großem Erfolge bemüht war. Wenn keiner seiner Nachfolger sich einer so großen und langdauernden Verbreitung seiner Werke erfreute, während doch die allgemeine Theilnahme für diese erhabene Wissenschaft sich seit jener Zeit so sehr vermehrte, so hat dies nur darin seinen Grund, daß immer Mehrere in seine Fußtapfen traten oder doch — mit mehrerem oder minderem Glück — zu treten versuchten, und daß die Arbeiten ausländischer Volksschriftsteller mehr und mehr durch Uebersetzungen zugänglich wurden; so wie andrerseits darin, daß die Wissenschaften — und insbesondere die Astronomie — gegenwärtig in einer viel rascheren und vielseitigeren Entwickelung begriffen sind, als dies noch vor einem halben Jahrhundert der Fall war. Zehn Jahre sind jetzt mehr als hinreichend, um durch den Reichthum der inzwischen gemachten Fortschritte ein Werk als veraltet erscheinen zu lassen, während früher ein Menschenalter verging, ohne daß es einer wesentlichen Umarbeitung bedurft hätte — gewiß ein erfreulicher Zustand der Dinge und eine Aufforderung zum rastlosen Wirken an die, welche sich berufen fühlen, auf diesem Felde zu arbeiten.

Die hier gewählte Form — in der wir bereits von der gewandten Feder eines Brandes ein schätzbares Werk besitzen — ist zwar wenig geeignet, den systematischen Zusammenhang wissenschaftlicher Lehren zur klaren Anschauung zu bringen. Wer es auf ein ernsteres Studium der Himmelskunde abgesehen hat, den wird diese in einer andern Gestalt geboten werden müssen. Allein ein solches Studium ist nicht Jedem vergönnt. Mit jedem Jahre erweitert sich der Kreis des Wissenswerthen; und selbst denen, die einer gelehrten Epoche ihr Leben widmen können, wird es je länger desto schwerer, alles dahin Gehörige vollkommen zu erfassen und klar zu überschauen.

Wie viel mehr denen, deren Kräfte und deren Zeit ein andrer Lebensberuf in Anspruch nimmt, und denen die Naturwissenschaften nur mehr eine geistige Erholung bieten können. Auch eine noch so populär gehaltene zusammenhängende Darstellung wird sie häufig genug unbefriedigt lassen müssen, da sie durchaus als Ein Ganzes aufgefaßt sein will.

Die Briefform dagegen, welche einzelne Abhandlungen, jede für sich allein selbstständig, darbietet, gewährt vor der systematisch gehaltenen den Vortheil, daß man einen bestimmten Gegenstand für sich allein auswählen und betrachten kann; vor der lexikalischen aber den einer größeren Vollständigkeit und eines leichteren Vermeidens häufiger Wiederholungen. Sie steht gleichsam zwischen beiden in der Mitte und macht keinen Anspruch darauf, eine oder die andere entbehrlich machen und verdrängen zu wollen. Ein in Briefform gehaltenes Werk verhält sich zu den eigentlichen Lehrbüchern eben so, wie die Vorträge der in jüngster Zeit entstandenen wissenschaftlichen Vereine zu einem regelmäßigen Cursus. Wer möchte behaupten, oder selbst nur wünschen, daß die letzteren darunter leiden, weniger als sonst frequentirt werden, weniger Nutzen als früher stiften möchten! Aber wer möchte andrerseits verkennen, daß durch jene Vorträge der Sinn für wissenschaftliche Gegenstände bei einer weit größeren Zahl von Individuen geweckt und genährt worden sei, als dies durch cursorische Lectionen jemals möglich gewesen wäre!

Und so glaubt der Verfasser die zahlreichen Aeußerungen des Beifalls, welche diesen Briefen bei ihrem ersten Erscheinen zu Theil geworden sind, weniger seinem Darstellungstalent als dem allgemeinen und von nicht Wenigen tief gefühlten Bedürfnisse nach einer Belehrung

in dieſer Form zuſchreiben zu müſſen. Einſt war es ihm vergönnt, in ſeinem Geburtslande der Wiſſenſchaft durch die lebendige Rede Freunde und Theilnehmer zu erwerben; jetzt, fern von der Heimath, vermag er es für dieſe nur noch durch das geſchriebene Wort.

Ariſtoteles ward einſt gefragt, woran man den Werth eines Buches erkennen könne: „Wenn der Autor alles Gehörige ſagt, wenn er nur das Gehörige ſagt, und wenn er es gehörig ſagt.“ Dieſes Ausſpruchs war ich bei meiner Arbeit eingedenk; möchte es mir gelungen ſein, der Forderung des Stagyriten zu genügen.

Dorpat im Januar 1844.

Der Verfaſſer.

Astronomische Briefe.

I.

Geschichtliche Uebersicht. Von den ältesten Zeiten bis auf Ptolemäus.

Wenn es keinem Zweifel unterliegt, daß die Geschichte des menschlichen Geistes der erhabenste und wichtigste Theil der Weltgeschichte sei, so wird eine Darstellung des Entwickelungsganges einer Wissenschaft, worin dieser Menschengeist seine schönsten Triumphe feierte und sich zu den erhabensten Ideen aufschwang, für jeden Denkenden und Gebildeten vom höchsten Interesse sein. Welchen Weg nahm die Forschung vom ersten Anschauen jener Himmelslichter an bis zur vollendeten Darstellung der Bewegungen des Universums? Wie, wann und wodurch ist es gelungen, Meßruthe und Wagschale in jene unerreichbaren Fernen zu tragen? Welches waren bei den verschiedenen Völkern und zu verschiedenen Zeiten die Vorstellungen, die man sich von den Himmels-

körpern gebildet hatte? Welche Kämpfe mußte die richtigere Erkenntniß bestehen, und wie gelang ihr endlich der Sieg? Gewährt uns die Astronomie das Bild eines ruhigen, von menschlichen Leidenschaften ungetrübten Fortschrittes, oder hat auch sie, wiewohl dem irdischen Thun und Treiben so fern liegend, das allgemeine Schicksal getheilt? Diese und viele andre Fragen sind gewiß der allgemeinsten Theilnahme würdig, und der Verfasser wird um so lieber bei ihnen etwas länger verweilen, als ihre Beantwortung zugleich vielfache Gelegenheit darbietet, die astronomischen Lehren selbst, wenigstens vorläufig, zu erläutern und die Aufmerksamkeit seiner Leser auf diejenigen Punkte zu richten, worauf es vor andern in der Astronomie ankommt. Es wird sich ergeben, daß sie doch etwas mehr sei als ein bloßes Rechenexempel, und daß die Unendlichkeit, in die sie uns einführt, noch etwas Andres und Höheres aufzuweisen habe als ungeheure Zahlen.

Die Himmelskunde kann auf ihrer gegenwärtigen Höhe nicht vergessen, daß auch sie ein langes Kindesalter durchlebt hat, und die Aufgabe ihres künftigen Geschichtschreibers (denn bis jetzt sind nur schwache Versuche gemacht worden), wird keine geringe sein, ihre Lösung auch kaum von der Gegenwart gehofft werden dürfen. Der erste Anfang der Astronomie hüllt sich in Dunkel, und wenn sie gleich — da ja Chronologie im Grunde selbst Astronomie ist — in Bezug auf ihr Datum weniger rathlos ist, als andre Zweige der Menschengeschichte, so können wir doch weder genau bestimmen wo, noch auch wann sie begonnen habe.

Wir dürfen indeß wohl annehmen, daß das erste denkende Wesen, welches die Erde bewohnte, auch seine Blicke zum Firmamente erhoben und den täglichen Lauf der Gestirne wahrgenommen habe, der so bedeutsam für seine Erdengeschäfte war. Wir gewahren bei den allerältesten Völkern,

daß der Wechsel des Mondes und der Lauf der Sonne ihnen die Zeittheilung gab, und wie wäre dies auch anders denkbar gewesen? Sind ja noch heut in Gegenden, die eines heiteren Himmels sich erfreuen, insbesondere auf den Inseln der Südsee, astronomische Kenntnisse bei den Eingebornen angetroffen worden, die die Europäer in Erstaunen setzen. Fast alle Bewohner der südlichen Halbkugel richten sich nach dem Sternbilde des Kreuzes und wissen sowohl die Himmelsgegend als die Zeit der Nacht durch dasselbe zu bestimmen. Ist dies auch noch bei Weitem keine Wissenschaft zu nennen, so war es doch der Anfang, aus dem in ununterbrochener Folgenreihe die Himmelskunde als Wissenschaft sich entwickelt hat. Denn nachdem dem dringendsten und augenblicklichsten Bedürfniß durch die erste roheste Eintheilung des Jahres abgeholfen war, schritt man weiter, einerseits zur Bestimmung größerer Cyclen, andrerseits zur genauern Feststellung der Grundeintheilungen.

Unter dem reinen Himmel Südasiens und Egyptens begegnen wir den ersten Forschern, und sehen sie mit Beharrlichkeit lange Jahrhunderte hindurch die augenfälligsten und für die Zeitrechnung wichtigsten Phänomene, namentlich die Mond- und Sonnenfinsternisse nebst dem Auf- und Untergange der Sterne, beobachten. Die Chaldäer sind es hauptsächlich, welche die chronologische Grundlage feststellten; ihr 600 jähriger Saros ist das sprechendste Denkmal, wie ausdauernd sie bei ihrem Verfahren blieben. Im alten Indien hat man auch die Planeten beobachtet, ihre Zusammenkünfte unter sich und mit dem Monde bestimmt, und die Perioden ihres Umlaufs abgeleitet. Durch Rückwärtsberechnung solcher seltenen, von ihnen beobachteten Conjunctionen, sowie durch Vergleichung der von ihnen bestimmten cyclischen Perioden mit unsrer heutigen Theorie, hat sich die Behauptung des hohen Alters der indischen Astronomie

beſtätigt: ſie muß 1500 v. Chr. ſchon geblüht haben. In ein gleich hohes Alterthum ſteigen bei den Chineſen die Beſtimmungen der Schiefe der Ekliptik und der geographiſchen Breiten, ſowie die Kometenbeobachtungen; leider iſt Vieles von dem, was jenes Volk in den älteſten geſchichtlichen Zeiten geleiſtet, theils ganz für uns verloren, theils in einer ſo räthſelhaften Geſtalt zu uns gelangt, daß ſich wenig Sicheres daraus ergiebt. Daß die Prieſterkaſte Egyptens etwas von der Vorrückung der Nachtgleichen gewußt habe, iſt allerdings ſehr wahrſcheinlich, und dies ſetzt gleichfalls Jahrhunderte von Beobachtungen voraus, die bei ihnen vorzugsweiſe Auf- und Untergänge der Geſtirne betrafen. Das zwölf- bis funfzehntauſendjährige Alter dagegen, was aus der Stellung der Bilder auf dem Thierkreiſe von Denderah gefolgert wurde, beſteht die ſtrenge Kritik nicht. Uebrigens iſt die ſtarre Abgeſchloſſenheit und Geheimhaltung, welche Egyptens Prieſter für nöthig hielten, Schuld daran, daß Alles, was ſie geleiſtet haben mögen, für uns verloren iſt. Die Anſprüche der Hebräer auf ein hohes Alterthum ihres chronologiſchen Syſtems und ihrer aſtronomiſchen Tafeln haben die Prüfung gleichfalls nicht beſtanden; ſie reichen kaum bis Esra hinauf.

In allem dieſen gewahren wir indeß Nichts, was über das Bedürfniß, das Zeitmaß zu berichtigen, hinaus geht, und auf eine Erforſchung des inneren Zuſammenhanges der Erſcheinungen deutet; Nichts, das uns zur Annahme künſtlicher, genau getheilter Inſtrumente oder wohl gar der Ferngläſer nöthigte — von letzteren iſt es vielmehr gewiß, daß kein altes Volk die geringſte Ahnung davon hatte — überhaupt keine einzige, ſei es wahre, ſei es falſche, Theorie zur Erklärung des Wahrgenommenen. Auch ſelbſt bei den alten Griechen, deren philoſophiſcher Geiſt ſich nirgend mit dem Aeußerlichen begnügte, und die ihrem Scharfſinne

in andern Zweigen des Wissens so manches unvergängliche Denkmal gesetzt hatten, ward es nicht besser und nicht heller. Ihre Theogenie, Kosmogenie und Geogenie hat nur das Reich der Fabeln erweitert; ihre Erklärungsversuche selbst der gewöhnlichsten Erscheinungen (wie der Mondphasen) sind mitunter unglaublich monströs und wunderlich; Keiner hat das Richtige getroffen, und die Weisesten unter ihnen, wie Sokrates und Plato, verzweifelten an einer Astronomie, die sich ihnen unter einem so trostlosen Bilde zeigte. Wohl will man einige Anklänge des Richtigen und Wahren bei den Pythagoräern finden, die das Feuer in den Mittelpunkt der Welt setzten — aber wie unbestimmt ist dieser Ausdruck und wie Wenig liegt in ihm! Wahrlich nur eine Auslegungskunst, die in Allem Alles findet, was sie finden will, konnte hierin eine Spur des Kopernikanischen Weltsystems finden.

Uebergehen wir dieses Chaos von Irrthümern, die uns die Meinungen des Thales, Zeno, Oenopides, Anaximenes, Leucipp u. A. darbieten, und lassen wir es unentschieden, ob nicht vielleicht spätere, ungeschickte Commentatoren den Alten einen schlimmen Dienst erzeigt und ihnen Lächerlichkeiten aufgebürdet haben, an die sie vielleicht nie dachten. Die wirklichen Verdienste der alten Griechen um die Astronomie beschränken sich auf Berichtigung der Zeitrechnung und der zum Grunde liegenden Perioden. Kleostratus aus Tenedos 532 J. v. Christo führte zur Ausgleichung des Mond- und Sonnenjahres eine 8jährige Periode ein, in der jedes Jahr aus 12 Mondenmonaten bestand, denen dann noch überhaupt 3 Schaltmonate hinzugefügt wurden. Es hätten also 8 Sonnenjahre 99 Mondenmonate enthalten müssen. Der Fehler war etwa 36 Stunden in 8 Jahren. Harpalus bemerkte zwar den Fehler, aber seine Correction war eine irrthümliche.

Als vor Metons Zeit (434 v. Chr.) der Kalender schon

um 15 Tage abwich, unternahm er eine neue Kalenderverbesserung. Er setzte 19 Sonnenjahre = 19 × 12 + 7 Mondenmonaten. Diese 235 Monate vertheilte er auf 19 Jahre so, daß das 3., 6., 8., 11., 13., 17., 19. Jahr 13 Monate, die übrigen 12 enthielten. Nach den neueren Bestimmungen aber enthalten

19 Sonnenjahre 6939 T. 14 St. 25 Min.
235 Mondenmonate 6939 „ 16 „ 31 „

der Fehler betrug folglich nach 2 Jahrhunderten noch keinen vollen Tag. Bei den olympischen Spielen, 432 v. Chr., schlug er den versammelten Griechen diesen Kalender vor; er ward einstimmig und mit großem Beifall aufgenommen, in ganz Griechenland und seinen Colonieländern eingeführt und auch von andern Völkern zum Grunde gelegt; so ist z. B. der altjüdische Kalender nichts als der Meton'sche mit unbedeutenden Abweichungen. Die Nummer der Jahre in dieser 19jährigen Periode ward goldne Zahl genannt, unter welchem Namen sie noch heut gebräuchlich ist. Die Calippische 76jährige Periode ist nichts als die vierfache Meton'sche und so angeordnet, um Behufs der Olympiadenrechnung eine durch 4 theilbare Zahl zu haben.

Metons Cyclus gewährte noch den Vortheil, daß auch die Finsternisse sich nahe zu nach dieser Periode richteten, indem die Mondsknoten, d. h. die Punkte, in welchen seine Bahn die Ebene der Erdbahn schneidet, einen Umlauf von 19 Jahren weniger 5 Monaten haben.

So stand es um die Himmelskunde, als die Akademie zu Alexandrien von Ptolemäus Soter gegründet ward. Schwerlich würde in Hellas, dessen eigentliche Blüthe schon gebrochen war, und das in Parteikämpfen verblutete, sich ein Asyl für die Wissenschaften gefunden haben wie das, was die Freigebigkeit der Ptolemäer stiftete und wodurch

dieſe Dynaſtie, an der ſonſt mancher Makel haftet, ſich einen ewigen Ruhm in der Weltgeſchichte geſichert hat. Das prachtvolle Muſeum enthielt für die Weltweiſen aller Länder wie aller Fächer Wohnungen, Laboratorien und Auditorien, und faſt keiner ſchlug den Ruf aus, der ihm Schutz, Unterſtützung und reichlichen Unterhalt verhieß. Da ſie alle entweder der Geburt oder doch der Bildung nach Griechen waren, und auch im Fortgange des Inſtituts meiſt Griechen dort wirkten, die chriechiſche Sprache auch die gelehrte Sprache blieb: ſo betrachtete die egyptiſche Prieſterſchaft dieſen Verein mit Neid und Mißgunſt, ſonderte ſich völlig von ihm ab und theilte ihm nichts von ihren Kenntniſſen mit. Es iſt zwar höchſt wahrſcheinlich, daß die Welt dabei keine große Einbuße erlitt, indeß würden doch die aſtronomiſchen Arbeiten der Akademie manchen Nutzen von ihren Beobachtungen gezogen haben, da ſie, wenn auch wohl nicht ſehr genau, doch durch ihr hohes Alterthum geeignet geweſen wären, manche Frage raſcher und mit größerer Sicherheit zu entſcheiden.

Mit Ariſtillus und Timocharis eröffnet ſich die Reihe der alexandriniſchen Aſtronomen, 300 Jahre v. Chr. Sie beſtimmten die Oerter der Fixſterne, zwar wahrſcheinlich noch mit ſehr rohen Hülfsmitteln, doch aber ſo genau, daß Hipparch, 150 Jahre ſpäter, ihre Arbeiten brauchbar fand. Früher hatte man die ſcheinbaren Abſtände der Himmelskörper von einander blos durch eine Schätzung nach Mondsdurchmeſſern gegeben. Bald nach ihnen erhalten wir ſogar eine Aſtronomie in Verſen. Aratus, unter Antigonus Gonnatas lebend, war es, der des Eudoxus Werk in metriſche Form übertrug: ein ſchwaches Product, wodurch die Wiſſenſchaft nichts gewinnen konnte. Weit wichtiger waren die Arbeiten Ariſtarchs von Samos. Er machte den Verſuch, die Zeit genauer zu beſtimmen, wo die Sonne

ihren höchſten und tiefſten Stand im Jahre erreiche. Er iſt der Erſte, der einen nicht durchaus unglücklichen Verſuch machte, die Entfernung der beiden vorzüglichſten Himmelskörper zu beſtimmen. Für den Mond fand er 56 Erdhalbmeſſer (nur 4 zu wenig), und die Größe des Mondes ſetzte er im Durchmeſſer $^1/_3$ der der Erde (im Rohen gleichfalls richtig). Ferner glaubte er für den Winkel, den Mond und Sonne an der Erde zur Zeit des erſten oder letzten Viertels machen, durch Beobachtung 87° gefunden zu haben, woraus für den Winkel an der Sonne 3° und hieraus die Entfernung der Sonne 19 mal größer als die des Mondes gefunden wird, und ihr Durchmeſſer 6 — 7 mal größer als der der Erde herauskommt. Dies iſt nun freilich um mehr als das Zwanzigfache falſch, gleichwohl war die Methode, deren Ariſtarch ſich bediente, an ſich nicht zu tadeln. Wäre die Sonne, ſtatt 400, nur 10 — 20 mal weiter entfernt als der Mond, ſo würde Ariſtarch's theoretiſch richtiges Verfahren auch praktiſch anwendbar geweſen ſein. Das Nämliche läßt ſich von einer noch künſtlicheren Methode, welche vier Jahrhunderte ſpäter Ptolemäus anwandte, ſagen. Er wollte aus der Größe des Erdſchattens bei Mondfinſterniſſen das Problem löſen, und ſeine Theorie war nicht ſchuld daran, daß das Ziel verfehlt wurde. Wenn auch das Gelingen einer viel ſpäteren Zeit vorbehalten bleiben mußte, ſo gewahren wir doch, welchen wichtigen Fortſchritt das Studium ſchon kurze Zeit nach der Gründung der alexandriniſchen Akademie gemacht hatte. Es war der Geiſt ächter Wiſſenſchaftlichkeit, der hier waltete, und diejenigen ſind ſehr in Irrthum, welche in dem Muſeum nur eine Schule dialektiſcher Klopffechterei erblicken und wähnen, der bis dahin freie Geiſt ſei hier in die Feſſeln eines prunkvollen Hoflebens und verächtlicher Schmeichelei geſchlagen worden. Wahr iſt es, daß nicht alle Zweige menſchlicher Kunſt und Wiſſen-

ſchaft eines gleich hohen Gewinnes als die mathematiſchen ſich erfreuten; wahr iſt es, daß Alexandrien keinen Dichter und Redner erzeugte, der mit den alten helleniſchen einen Vergleich aushält: allein man klage deshalb nicht das Muſeum, nicht die Ptolemäer, ſondern, wenn man will, das ganze Zeitalter an. Die mathematiſchen und Realwiſſenſchaften dagegen haben nirgend im Alterthum ſich zu einer ſolchen Blüthe erhoben als in Alexandrien. — Ariſtarch hat aber noch ein andres und weſentlicheres Verdienſt. Er lehrte: die Erde drehe ſich um ihre Axe, und zugleich in einem ſchiefen Kreiſe um die Sonne. Eine richtige, und zwar für jene Zeit ſehr kühne Bemerkung, die freilich noch nicht das Kopernikaniſche ſelbſt iſt, aber gleichwohl, conſequent verfolgt, dahin hätte führen können. Statt aber dies zu thun, klaubte man an ſeinen Worten und namentlich an der Behauptung, die Bahn der Erde verhalte ſich zur Entfernung des Fixſternhimmels, wie der Mittelpunkt eines Kreiſes zur Peripherie. Richtig verſtanden, war dies ein ſehr glücklich gewählter Ausdruck, der bis zur wirklichen Auffindung der Fixſternparallaxen (die erſt von ſieben Jahren her datirt), praktiſche Gültigkeit hatte. Statt deſſen bewies ihm Archimedes, eine Bahn könne kein Punkt ſein (als ob ein Ariſtarch dieſer Belehrung bedurft hätte!), freute ſich, ihn ad absurdum geführt zu haben, und ſeine glückliche Conception gerieth in Vergeſſenheit. Doch nein, die Prieſter hatten ſie nicht vergeſſen. Kleanthes klagte ihn öffentlich der Gottesläſterung an, weil er die Ruhe der Veſta und der Laren geſtört habe: eine Beſchuldigung, die wir zwei Jahrtauſende ſpäter, überſetzt in die Sprache eines ſich chriſtlich nennenden Inquiſitionstribunals, gegen Galiläi wiederholen ſehen. — Auch von Euclides, der um jene Zeit lebte, haben wir ein aſtronomiſches Werk; „Phänomene.“ Er handelt darin hauptſächlich von den Erſcheinungen, welche

Auf- und Untergang der Gestirne auf der schiefen Kugel (zwischen Pol und Aequator) darbieten. Wahrscheinlich ist auch Manetho, ein egyptischer Priester, in diese Zeit zu setzen, wiewohl das Werk, das uns von ihm erhalten ist, nur wenig Spuren ächter Kenntnisse, dagegen größtentheils astrologische Träumereien enthält.

Zum Nachfolger Aristarch's berief Ptolemäus Evergetes den Eratosthenes, 276 v. Chr. in Kyrene geboren, und ließ auf dessen Vorschlag die großen metallenen Ringkugeln anfertigen, ähnlich denen, welche man noch heut zur Aufstellung von Globen anwendet. Nur waren sie beträchtlich größer, und mit aller damals möglichen Genauigkeit eingetheilt. Die Beobachtungen, welche Eratosthenes sowohl als seine Nachfolger an ihnen machten, sind ein Beweis der Sorgfalt, mit der sie gearbeitet waren. Jetzt konnte man die Durchgänge der Sterne durch den Meridian beobachten, was nicht allein bequemer, sondern auch viel genauer ist, als die Beobachtung der Auf- und Untergänge. Eratosthenes suchte die Schiefe der Ekliptik (die Neigung der Sonnen- oder Erdbahn gegen den Aequator) zu bestimmen, und fand sie $^{11}/_{166}$ des Umkreises, oder zwischen 23° 50′ und 23° 52′ 30″. Man sieht, daß die Alten in der Theorie der Bruchrechnung ziemlich weit gekommen sein mußten, denn $^{11}/_{166}$ weicht nur um $^{1}/_{38000}$ von dem Mittel aus beiden Bestimmungen ab. Er bestimmte ferner die Bilder des Thierkreises, zählte 675 Sterne und soll den Durchmesser der Sonne 27 mal größer als den der Erde angenommen haben, freilich noch immer um das Vierfache zu klein; aber welch' ein Unterschied gegen den noch wenige Jahrhunderte vorher allgemein verbreiteten Glauben, die Erde sei wesentlich die Welt, alles Andre nur erhebliches Beiwerk derselben, was sich in den höhern Luftkreisen aufhält. Sein Versuch, die Größe der Erde zu

bestimmen, ist mehr der Methode als des Resultats wegen merkwürdig. Er nahm an, daß Alexandrien und Syene unter gleichem Meridian liegen, und daß die Entfernung beider Städte 5000 Stadien betrage (wie lang ist aber ein Stadium?). Da man nun bemerkt hatte, daß am längsten Tage die Sonne den Boden eines tiefen, senkrecht hinabgehenden Brunnens zu Syene bescheine, während sie an demselben Tage zu Alexandrien noch einen Schatten werfe, der $^1/_{50}$ des Kreisumfanges beträgt, so schloß er, daß die Erde $50 \times 5000 = 250000$ Stadien im Umfange habe. Man hat sich mit dieser und ähnlichen Aufgaben, die wohl alle mehr oder weniger Schätzungen und Muthmaßungen waren, unsäglich viel Mühe gegeben, und es ist zu verwundern, daß man die Erfolglosigkeit nicht vorhergesehen hat. Die Alten hatten gar kein so genau normirtes Längemaß als wir, und wenn es eines Beweises bedürfte, so könnten die folgenden Angaben über die Länge des altrömischen Fußes ihn liefern. Nach englischen Zollen und deren Tausendtheilen ausgedrückt, hat sich dafür gefunden:

1)	Aus 5 Denkmälern 11,535—11,662; Mittel	11,596	Im allgemeinen Mittel 11650 Engl. Zoll.
2)	„ 19 Metallmaßstäben . . . 11,430—11,669; „	11,591	
3)	„ Meilensteinen 11,572—11,602; „	11,591	
4)	„ Orts-Entfernungen . . 11,485—11,772; „	11,653	
5)	„ Abmessungen egyptischer Obelisken . . . 11,627—11,690; „	11,658	
6)	„ Aus Ueberresten der Baukunst, 20 Bestimmungen	11,647	
7)	„ Hohlmaßen	11,815	

Bei diesem Zustande der Dinge hatten die alten Mathematiker Recht, wenn sie sich mit runden Zahlen begnügten, die am deutlichsten zeigen, daß sie auf die Genau-

igkeiten eigentlicher Meſſungen gar keinen Anſpruch machen. So findet ſich für die Größe der Erde:

Bei Ariſtoteles	400,000	Stadien
„ Eratoſthenes	250,000	„
„ Poſidonius	240,000	„
„ Cleomedes	300,000	„
„ Ptolemäus	180,000	„

Es iſt wahrlich ſchwer einzuſehen, wie Bailly in dieſen rohen und runden Daten eine Genauigkeit hat finden können, deren die uns bekannten Alten nach ſeiner Meinung gar nicht fähig geweſen ſein ſollten, und die man deshalb einem vorlängſt untergegangenen hochcultivirten Urvolke zuſchreiben müſſe, auf das er im Verlauf ſeines ſonſt verdienſtlichen Werkes beſtändig wieder zurückkommt, und das nicht Alles, was wir jetzt wiſſen, ſondern noch weit mehr erforſcht und in vereinzelten Reſultaten den Nachkommen überliefert haben ſollte.

Conon von Samos würde keiner Erwähnung verdienen, da ſeine Beobachtungsmethode wieder die alte, unvollkommene (Auf- und Untergänge) war, wenn er nicht durch Einführung eines neuen Sternbildes (des Haupthaars der Berenice) ſich einen ziemlich wohlfeilen Nachruhm erworben hätte, und von den beiden großen Geometern, Archimedes und Apollonius iſt hier nur zu erwähnen, daß der Erſte ſich an einem Planeterium verſucht, und Letzterer die Epicykel als Erklärung des ſcheinbar ſo verworrenen Planetenlaufes zuerſt angewandt habe. Man denke ſich einen Punkt A, um welchen ein Kreis B. beſchrieben wird, während A ſich ſelbſt um einen zweiten Punkt C bewegt, ſo wird das, was B wirklich in Bezug auf C beſchreibt, ein Epicykel ſein. Man kann dies noch weiter vervielfältigen, wenn man auch C während derſelben Zeit ſich um einen dritten Punkt D bewegen läßt u. ſ. w.

Entſchieden der größte Aſtronom des geſammten Alterthums iſt Hipparch von Nicäa, 150 v. Chr. Er faßte den großen Plan, alle Grundlagen der Aſtronomie, ſo weit die damaligen Mittel reichten, feſtzuſtellen: die Länge des Jahrs, die Schiefe der Ekliptik, den Lauf des Mondes und der Sonne, die Oerter der Sterne und vieles Andere. Zur genauen Zeitbeſtimmung hatte er freilich nur Waſſer- und Sanduhren, indeß wußte ſein Genie dieſe Mängel auf mancherlei Weiſe zu erſetzen, ſo daß er z. B. nichts deſto weniger die Ungleichheit der wahren Sonnentage entdeckte, die doch für einen einzelnen Tag nie eine halbe Minute überſteigt *). Da der ſcheinbare Abſtand eines Sternes von der Sonne ſich direct nicht meſſen ließ, ſo maß er am Tage den Abſtand des Mondes von der Sonne, in der darauf folgenden Nacht aber die eines Sternes vom Monde, und indem er den Lauf des Mondes in der Zwiſchenzeit berückſichtigte, erhielt er den Culminationsunterſchied des Sternes und der Sonne, alſo auch die gerade Aufſteigung des letzteren, wenn die der Sonne bekannt war. Hatte er auf dieſe Weiſe eine Anzahl heller Sterne beſtimmt, ſo dienten ihm dieſe zur Grundlage für die andern. An ſeine Ringkugeln brachte er Dioptern an, um beim Sehen genauer zielen zu können: auch ſoll er ſich eines Rohrs bedient haben, um die Seitenſtrahlen abzuhalten und ſchärfer zu ſehen; Gläſer aber befanden ſich ſicherlich nicht darin. Die von Eratoſthenes beobachtete Lage der Sonnenbahn fand er richtig. Zur Beſtimmung der Länge des Jahrs hatte er nur die vor 150

*) Es iſt hier keineswegs die Rede von der Ungleichheit der Tage und Nächte im Verlauf des Jahres, denn dieſe war auch in Alexandrien noch bedeutend genug, um ohne alle Werkzeuge wahrgenommen zu werden; ſondern davon, daß die Zeit von einem Mittage zum andern nicht in aller Strenge ſich gleich bleibt.

Jahren beobachteten Solſtitien des Ariſtarch, die, mit ſeinen eigenen Beobachtungen verglichen, ihm 356 Tage 5 St. 55 Min. 12 Sec. gaben. Um es in Zukunft richtiger zu erhalten, ſchlug er die Beobachtungen der Nachtgleichen vor, deren Zeitpunkt ſich viel genauer beſtimmen läßt. Seinen Sonnentafeln gab er eine Einrichtuug, die allen ſpäteren Zeiten ein Muſter gegolten hat; er gab in einer Tabelle die mittlere Bewegung, und in einer zweiten die Ungleichheit. Daß die Entfernung der Sonne von der Erde veränderlich ſei, daß beim Monde ein Gleiches ſtattfinde, hat er erforſcht; die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik und die Veränderung der Knoten beſtimmt, die Nothwendigkeit, bei Sonnenfinſterniſſen auf die verſchiedene Lage der Erdorte gegen den Erdmittelpunkt Rückſicht zu nehmen (Parallaxenrechnung), dargethan. Er beſtimmte 1020 Sterne, deren Oerter er nicht auf den Aequator, ſondern durch trigonometriſche Rechnung auf die Ekliptik bezog. Dabei fand er, daß ſeit Timocharis ſich die Längen der Sterne (ihre Abſtände vom Anfangspunkte, gezählt in der Ekliptik) verändert, nemlich durchſchnittlich um 2 Grad vermehrt hätten. Dieſe Präceſſion der Nachtgleichen iſt wohl die wichtigſte ſeiner Entdeckungen. Hätten wirklich die alten Egypter ſo hoch hinaufreichende Beobachtungen beſeſſen, ſo hätte Hipparch nicht nöthig gehabt, aus einem ſo kurzen Zeitraume die Beſtimmung abzuleiten; entweder theilten ſie dieſe Beobachtungen aus Neid oder Haß nicht mit, oder ſie beſaßen keine, was im Grunde einerlei iſt. — Zur Längenbeſtimmung auf der Erde ſchlug er die Finſterniſſe vor, in jener Zeit ſicher das beſte Mittel. In Allem, was wir von dieſem großen Manne beſitzen, zeigt ſich eine Zweckmäßigkeit, eine Sicherheit in der Wahl ſeiner Mittel, eine Schärfe des Urtheils, wie ſie bis dahin gänzlich ohne Beiſpiel ſind. Mit einer außerordentlichen Schärfe des Verſtandes verband

er eine Beharrlichkeit in Verfolgung ſeines Zieles, wie ſie allen Forſchern, und namentlich den Aſtronomen, zu wünſchen wäre. Er war kein Freund gewagter Hypotheſen, er liebte es nicht, durch kühn aufgebaute Syſteme glänzen zu wollen. Er iſt im vollſten und edelſten Sinne des Worts denkender Beobachter; er fühlte, daß es noch nicht an der Zeit ſei, bis auf die letzten Gründe durchzudringen, und will lieber ſeinen Nachfolgern ein tüchtiges und brauchbares Material überliefern, als ihnen in Erklärung der Phänomene vorgreifen.

Die unmittelbaren Nachfolger Hipparchs waren ſeiner wenig würdig. Wir treffen faſt drei Jahrhunderte hindurch auf mittelmäßige Leiſtungen, von denen nur Einzelnes Erwähnung verdient. Sulpicius Gallus ſagt dem römiſchen Heere, das dem macedoniſchen bei Pydna gegenüber ſteht, eine Mondfinſterniß vorher, die in der Nacht vor der Schlacht ſich ereignet. So gereichte ſie nur den Macedoniern zum Schrecken, und der Sieg blieb Rom.

Cleomedes hat einige glückliche Ideen. Die Erde, ſagte er, iſt, von der Sonne aus geſehn, nur ein Punkt, von den Fixſternen aus ſieht man ſie gar nicht. Auch ſind die Fixſterne keineswegs alle gleich weit entfernt (dies hatte ſchon Geminus 137 v. Chr. behauptet.) Er iſt ferner Entdecker der aſtronomiſchen Strahlenbrechung. Man hatte nemlich bei einer Mondfinſterniß bemerkt, daß der (verfinſterte) Vollmond und die Sonne gleichzeitig über dem Horizont ſichtbar waren. Cleomedes widerſprach Anfangs der Wahrnehmung als einer unmöglichen, da aber die Zeugniſſe nicht zu verwerfen waren, ſo dachte er dem Gegenſtande nach, und kam darauf, daß der Lichtſtrahl bei ſeinem Wege durch die Luft nicht gradlinigt, ſondern in einer gegen die Erde concaven Krümmung hindurchgehe. — Poſidonius iſt ein Aſtronom von Scharfſinn und lebhafter Einbildungskraft,

der in ſeinen Erklärungen zum Theil ſehr glücklich iſt, zum Theil aber auch das Ziel ganz verfehlt. Er erkennt den Mond als Urſache der Ebbe und Fluth, er weiß auch ſchon, daß die Fluthen im Neu- und Vollmonde größer ſind als in den Mondsvierteln. Daß Mond und Sonne beim Auf- und Untergange größer zu ſein ſcheinen, erklärt er aus der Brechung in den Dünſten (während dieſe doch unmittelbar gerade das Gegentheil bewirken). Um das aſchfarbene Licht der dunklen Mondſeite zu erklären, denkt er eine Halbdurchſichtigkeit des Mondes. Für die Höhe der Atmoſphäre hat er ziemlich richtig 400 Stadien, für den Mond 52 Erdhalbmeſſer, für die Sonne 13000 Erdhalben Entfernung (erſtere Zahl um 1/8, letztere nahe um die Hälfte zu klein). Indeß ſind dieſe Zahlen mit einigem Mißtrauen aufzunehmen: namentlich in Betreff der Entfernung unſrer Erde von der Sonne iſt ſeine Meinung nicht ganz klar zu ermitteln.

Unter Julius Cäſar ward Anſtalt gemacht, die in die größte Unordnung gerathenen römiſchen Kalender gründlich zu rectificiren. Es concurrirten hierbei viele Mathematiker, doch iſt die Verbeſſerung hauptſächlich ein Werk des Alexandriners Soſigenes. Bis dahin hatten alle Völker den Mond zum Hauptregulator der Zeit erwählt, und man ſuchte (wie ſchon oben bemerkt) durch Einſchaltungen das Mondjahr mit dem Sonnenjahre in Uebereinſtimmung zu bringen. Soſigenes rieth, den Mond ganz aus dem Spiele zu laſſen, und ſich allein nach der Sonne zu richten. Im bisherigen römiſchen Jahre hatten die Monate folgende Längen:

Januar	29	Tage
Februar	28	„
März	31	„
April	29	„
Mai	31	„

	Junt	29	„
Quintilis	(Juli)	31	„
Sextilis	(Auguſt)	29	„
	September	29	„
	October	31	„
	November	29	„
	December	29	„

was ein Mondjahr von 355 Tagen gab. Jetzt wurde dem April, Juni, September und November 1 Tag, dem Januar, Sextilis und December 2 Tage hinzugefügt; der den unteren Göttern gewidmete Februar blieb ſo kurz wie er war, „ne Deum inferum religio mutaretur“. Der Quintilis ward zu Cäſars Ehren Julius, ſo wie ſpäter der Sextilis Auguſtus genannt. Die Länge des tropiſchen Jahrs ſetzte Soſigenes auf 365¼ Tag, wohl wiſſend, daß dies etwas zu lang ſei, aber in die Nothwendigkeit verſetzt, ein leicht überſchauliches Verhältniß aufzuſtellen, übrigens auch ganz richtig ſchließend, daß die damals bekannte Länge des Jahres doch noch immer um einige Minuten unſicher ſei, und ein völlig genaues Anſchließen des Kalenders an den Himmel daher der Zukunft überlaſſen werden müſſe. Varro verſuchte zuerſt, die Dunkelheiten der altrömiſchen Chronologie durch die Mond- und Sonnenfinſterniſſe aufzuhellen, denn damals hatte man ſchon eine ziemliche Sicherheit in der Voraus- und Rückberechnung der Finſterniſſe gewonnen. Auch Sternbedeckungen durch den Mond beobachtete Agrippa und Menelaus. Schon fingen die Aſtronomen an, ſich der Aſtrologie zu ſchämen und beide ſcharf von einander zu ſondern. Geminus ſpricht namentlich tadelnd über die letztere und nennt Wetterprophezeihungen etwas ſehr Unſicheres. Die Aſtrologen wurden auch oft von den alten Cäſaren aus Rom vertrieben, wiewohl mit ſchlechtem Erfolge, zumal da andere Cäſaren ſie wieder ſchützten und begünſtigten.

Man bediente ſich unter Anderem der großen Obelisken, um durch die Länge ihres Schattens die geographiſche Breite zu beſtimmen, und Manlius ſetzte auf die Spitze des großen Obelisken zu Rom eine Kugel, um ihren Halbſchatten eliminiren zu können. Den Schatten, welchen die Sonne um Mittagszeit am Tage der Nachtgleichen warf, beobachtete man vorzüglich und fand, daß er ſich zur Höhe des Geonoms verhalte in Rom wie 8:9, in Athen wie 3:4, in Rhodus wie 5:7, in Carthago wie 7:11 und in Alexandrien wie 3:5.

Die Aſtronomie im alten Rom hat übrigens nie viel bedeutet. Von der Menge beſtändig mit Aſtrologie verwechſelt, von witzigen Köpfen verlacht, konnte es ihr hier nicht gelingen einen Verehrer dauernd an ihren Dienſt zu feſſeln, und überhaupt war Alexandria noch immer der einzige Ort, wo brauchbare Beobachtungen angeſtellt werden konnten.

Geminus hat uns die Sternbilder, welche zu Hipparchs Zeiten eingeführt waren, aufgezählt. Ihrer ſind 48, nemlich 21 nördlich über der Ekliptik: der große Bär, kleine Bär, Drache, Bootes, Krone, Herkules, Ophiuchus, Schlange, Leier, Schwan, Pfeil, Adler, Andromeda, Perſeus, Fuhrmann, Triangel, Berenices Haar. 12 in der Ekliptik: Wallfiſch, Orion, Haſe, Eridanus, großer Hund, kleiner Hund, Schiff, Waſſerſchlange, Becher, Rabe, Centaur, Wolf (auch Lanze), Altar (auch Rauchfaß), ſüdliche Krone, Heroldsſtab, ſüdlicher Fiſch. Was jenſeits des Horizontes von Alexandrien lag und alſo zu Hipparchs Zeiten dort nicht aufging, war gar nicht, auch überhaupt die tief ſüdlich ſtehenden Sterne wenig bekannt, und Achernar im Eridanus, ein ſehr glänzender Stern, iſt der einzige, den die Alten unter den in Alexandrien nicht ſichtbaren kannten*). Eben ſo

*) Daher finden wir im Mittelalter, das ſich ganz ſklaviſch an

wenig ist bei irgend einem Alexandriner die Rede von einem Polarsterne; Hipparch sagt sogar ausdrücklich, am Pole stehe kein Stern. Man wird dies begreiflich finden, wenn man erwägt, daß unser jetziger Polarstern damals 14 Grad vom Pole abstand, und auch kein andrer heller Stern in der Nähe war. Noch 300 Jahr etwa wird er sich von jetzt ab dem Pole nähern (bis auf $^1/_3$ Grad), dann aber sich von ihm stets weiter entfernen, bis zum Jahre 15000 n. Chr., so daß er über 2000 Jahre schon nicht mehr Polarstern wird heißen können.

Claudius Ptolemäus um 130 n. Chr. ist der zweite große Astronom des Alterthums. Von seinen zahlreichen Werken ist uns nur der einzige Almagest erhalten, allerdings ein Hauptwerk, das 1400 Jahre lang die Hauptquelle war, aus der die Welt ihre astronomischen Kenntnisse schöpfte. Sein Verfasser ward in dieser langen Zeit eben so unmäßig gelobt und erhoben, als später getadelt und des Plagiats beschuldigt, da er den Hipparch, von dem er doch das Meiste entlehnt hat, selten erwähnt. Allein man muß das Alterthum nicht mit dem Maßstabe der heutigen Litteratur messen wollen. Wie konnte Ptolemäus, auf derselben Sternwarte wirkend, welche durch Hipparch berühmt geworden war, an einem Orte, wo man seine Schriften noch sämmtlich besaß und kannte, vernünftiger Weise hoffen, jene Arbeiten für die seinigen ausgeben zu können? Er theilte mit, was er an guten Beobachtungen und Bestimmungen vorfand, ohne jedesmal den Autor zu nennen. Für uns entsteht allerdings dadurch die Ungewißheit, ob etwas vom Ptolemäus selbst herrühre oder nicht. Er ist weniger behutsam und bedächtig als Hipparch und von einer lebhafteren

Ptolemäus hielt, die Behauptung, es gäbe um den Südpol herum gar keine Sterne, und Achernar sei der südlichste von allen.

Phantaſie als jener. Unbeſtritten iſt ſein Verdienſt um die Monds-Theorie. Man hatte vor ihm den Mond nur im Voll- und Neumond (hauptſächlich den Finſterniſſen) beobachtet. Ptolemäus beſtimmte ſeinen Ort auch in den Mondsvierteln, und nun ſah er bald, daß die Annahme eines einfachen excentriſchen Kreiſes, in dem ſich der Mond mit gleichförmiger Geſchwindigkeit bewege, nicht mehr ausreiche. Er verband deshalb mit demſelben die Epicykeln, allein auch dieſe erklärten die Sache nicht ganz. Seine Vorſtellung war eine höchſt verwickelte. Der Mond bewegt ſich in ſeinem Epicykel auf dem Umfange eines großen Kreiſes, in deſſen Mittelpunkte die Erde nicht liegt, vielmehr wird der Mittelpunkt des excentriſchen Kreiſes ſelbſt in einem kleinen Kreiſe um die Erde geführt. Hätte Ptolemäus den Mond auch in den übrigen Lagen beobachtet, ſo würde er bald bemerkt haben, daß ſeine Hypotheſe trotz aller Künſtlichkeit doch nicht ausreiche. Er verfertigte ſich zu dieſen Beobachtungen ein eigenes Inſtrument, das Triquetrum. Zwei hölzerne 7 Fuß lange Lineale waren jedes in 60 Theile getheilt, und dieſe in einer Winkelſpitze ſo mit einander verbunden, daß das eine bewegliche durch Drehung von dem andern unbeweglichen beliebig entfernt werden konnte. Ein drittes Lineal vollendete das Dreieck und war in ähnliche Theile getheilt. Mit dieſem ſenkrecht aufgeſtellten Inſtrumente maß er Scheitelabſtände, und aus dem Unterſchiede der theoretiſch berechneten und der gemeſſenen folgerte er die Parallaxe des Mondes, die er indeſſen beträchtlich zu groß fand. Er ſetzte den Abſtand des Mondes in den Syzygien (Voll- und Neumond) zwiſchen 53½ und 64 Erdhalbmeſſern, was nahezu richtig iſt, in den Quadraturen dagegen auf 33 bis 44, was erheblich falſch iſt. Seine Beobachtungen reducirte er genauer, als man bis dahin gethan hatte, ſo daß er ſelbſt kleine Verbeſſerungen anbrachte, die innerhalb der unvermeid-

lichen Beobachtungsfehler lagen. Allein es war ihm um eine genaue Methode zu thun und er glaubte deshalb nicht scharf genug bei der Berechnung verfahren zu können. Die Entfernung der Sonne suchte er aus der Größe des Erdschattens bei Mondfinsterniſſen zu bestimmen, was nicht gelingen konnte, aus Gründen, die damals noch nicht erkennbar waren. Das Hinderniß war und blieb die zu große Entfernung der Sonne.

Am bekanntesten ist Ptolemäus geworden durch seinen Versuch, die Bewegungen der Planeten zu erklären. Das wechselsweise Vor- und Rückwärtsgehen und der zwischen inne liegende Stillstand, sowie die sehr ungleichen Breiten (Entfernungen nach Norden oder Süden von der Ekliptik), zu welchen der Planet gelangte, hatte noch Niemand zu erklären versucht, so viel wir wissen. Ptolemäus half sich mit den schon früher eingeführten Epicykeln. Hätte er sich los machen können von der allgemeinen Vorstellung einer Ruhe der Erde, so hätte ihn wohl sein Scharfsinn zum wahren Weltsysteme führen können. So half er sich dadurch, daß er die Planeten um einen idealen Mittelpunkt führte, und diesen Mittelpunkt um die Erde, wenn nöthig in einem excentrischen Kreise, laufen ließ. Sowohl dieser excentrische Kreis als der Epicykel neigte sich gegen die Ekliptik und zwar nannte Ptolemäus die Neigung des excentrischen Kreises Deviation, und die des Epicykels gegen den excentrischen Kreis Inclination. Mit dieser künstlichen Vorrichtung waren indeß nur die Bewegungen der Planeten in Bezug auf die Fixsterne erklärt, und es mußten nun noch außerdem die Fixsterne sammt den Planeten, kurz der ganze Himmel, in 24 Stunden um die Erde laufen. Diese letztere Bewegung wurde einem allgemeinen primum mobile zugeschrieben.

Schwerlich hat dieses System seinen Urheber selbst völ-

lig befriedigt, seine eigenen Aeußerungen deuten auf nichts weniger, als auf feste Ueberzeugung. Er gesteht, daß es nicht ganz ausreiche (und dies beweist, daß seine Beobachtungen ziemlich genau sein mußten), er sah sich genöthigt, die beiden Neigungen noch durch besondere oscillirende Bewegungen veränderlich zu machen und dergleichen. Er fühlt den Mangel an Einfachheit, „doch," setzt er hinzu, „muß denn in der Natur Alles einfach sein? Wenn die einfachen Erklärungen nicht zureichen, so muß man andre mögliche Voraussetzungen wählen, und zufrieden sein, wenn sich die Erscheinungen dadurch erklären lassen." Wahrlich der große Mann hat wohl auf nichts weniger gerechnet, als auf die stockblinde Nachbeterei, mit der sein System anderthalb Jahrtausende hindurch als astronomisches Evangelium gegolten hat. Das aber dürfte befremdend sein, daß Ptolemäus die schon von den alten Egyptern herrührende Meinung, Merkur und Venus liefen nicht direct um die Erde, sondern gleichsam als Trabanten um die Sonne und nur mit dieser um die Erde, nicht in sein System aufgenommen hat, wenn man nicht hierin einen neuen Beweis sehen will, daß die alexandrinischen Gelehrten und das Collegium der egyptischen Priester einander vollständig ignorirten und sich nichts gegenseitig verdanken mochten.

Die Thätigkeit dieses außerordentlichen Mannes erstreckte sich noch über viele andre Zweige der Wissenschaft: er schrieb über Chronologie, Optik, Musik, Gnomonik, Geographie; doch sind seine übrigen Werke sämmtlich untergegangen. Er starb im 78 Jahre, und mit ihm auf immer der Ruhm Alexandriens. Wir sind, was die Astronomie betrifft, am Schlusse des Alterthums angelangt.

II.

Von Ptolemäus bis zur Wiedererweckung der Aſtronomie in Europa.

Sollen wir ein Bild des traurigſten und troſtloſeſten Verfalles entwerfen, der die auf Ptolemäus folgenden Jahrhunderte bezeichnet? Erzählen, wie die Erde wieder flach wird', wie ein Waſſer die Weltaxe befeuchtet, damit ſie ſich bei der Umdrehung nicht entzünde, wie die Sonne (nach Iſidor) allen Völkern der Erde gleichzeitig aufgeht? In den wenigen Büchern, die aus dem 6. und 7. Jahrhundert auf uns gekommen ſind, findet ſich oft gar keine Spur einer auch nur hiſtoriſchen Kenntniß der großen Entdeckungen der Alexandriner. 800 Jahre nach Hipparch will Leontius einen Himmelsglobus machen und nimmt — das Gedicht des Aratus zur Grundlage, wobei er ſich doch noch über die Abweichung wundert, aber ohne von der Präceſſion, die ſie bewirken mußte, etwas zu ahnen. Genug davon! —

In Arabiens Sandwüſten, unter der glühenden tropiſchen Sonne, die von einem ewig heiteren Himmel herniederſtrahlt, wo ein kühlender Thau nur dann die Geſchöpfe der Erde erfriſcht, wenn die Geſtirne funkeln, ſind dieſe von undenklichen Zeiten her göttlich verehrt worden. In Abul-Faraji's Commentationen werden namentlich Sirius, Canopus und Aldebaran, ſowie Merkur und Jupiter, als göttliche Weſen aufgeführt. Sie hatten auch Friedensmonate, in denen alle ihre Fehden ruhten, und deren Eintritt durch das Wiedererſcheinen ſolcher vergötterter Sterne beſtimmt

ward. Mit Muhamed's Reformation hörte zwar dieſer Sterndienſt und der ganze Sabäismus auf, allein es trat etwas Beſſeres an ſeine Stelle — Beobachtungen der Himmelskörper. Allerdings nicht ſogleich, denn zwei Jahrhunderte des Fanatismus und der rohen Herrſchaft des Schwertes liegen dazwiſchen, und in dieſen ward durch Omar den Barbaren die alexandriniſche Bibliothek den Flammen geopfert. „Was dieſe Bücher enthalten, ſteht entweder im Koran, und dann ſind ſie unnütz, oder es ſteht nicht darin, und dann ſind ſie verderblich.“ Wollte Gott, Omar und ſeine Araber wären die Einzigen geweſen, die in ähnlicher Weiſe argumentirt hätten!

Man hat indeß einigen Grund, zu vermuthen, daß doch nicht Alles zerſtört worden ſei, ja Einige haben die ganze Erzählung in Zweifel gezogen, und in der That hätte es eines Omars nicht bedurft, dem vor 922 Jahren gegründeten Muſeum den Todesſtoß zu geben, da dies längſt nur noch ein Leichnam war, der ein trauriges Scheinleben fortführte. Wir finden wenigſtens bei den Arabern, ſobald ſie ſich der Wiſſenſchaft widmeten, ſogleich mehrere wichtige alexandriniſche Werke, und ſie haben uns durch ihre Ueberſetzungen nicht wenige erhalten, ſo wie manche jetzt für uns verlorne (z. B. die Optik des Ptolemäus) noch beſeſſen. —

Eine Reihe vortrefflicher, die Wiſſenſchaften eifrig befördernder Kalifen begann mit Al-Manſur, dem Vater Harun al Raſchid's. Unter ihm ward Bagdad ein neuer Mittelpunkt geiſtiger Cultur. Bekannt ſind Harun al Raſchid's Geſchenke an Karl den Großen, beſonders die Waſſeruhr, welche die Stunden ſchlug. Vor Allem aber iſt Al-Mamum, der dritte Kalif dieſer Reihe, anzuführen. Sein Vater hatte die Wiſſenſchaften blos beſchützt, er hat ſich ſelbſt mit ihnen eifrig beſchäftigt, und aus allen

Ländern Gelehrte in Bagdad verſammelt. Nach einem ſiegreichen Feldzuge gegen die Byzantiner, deren Geſandte um Frieden baten, erbot er ſich zur Wiederherausgabe des Eroberten, ſo wie zur unentgeltlichen Freilaſſung aller Gefangenen, unter der Bedingung, daß Kaiſer Michael III. ihm die Erlaubniß ertheile, von allen in Griechenland vorhandenen wiſſenſchaftlichen Büchern eine arabiſche Ueberſetzung anfertigen zu laſſen. Bei dieſen Ueberſetzungen, zu denen er unverzüglich ſchritt, führte er ſelbſt den Vorſitz, und den Anfang machte Ptolemäus' Almageſt.

So wurde wenigſtens von den Wiſſenſchaften gerettet, was noch zu retten war, und einer beſſeren Zeit überliefert. Denn weſentliche Bereicherungen verdankt die Aſtronomie den Arabern ſehr wenige; es blieb meiſtens bei Anfängen und Verſuchen. Mit einer ſtarken Doſis Aſtrologie verſetzt, erhob ſie ſich nicht über das Ptolemäiſche Syſtem, und neben dieſem begegnen wir manchen ſonderbaren Irrthümern. So will Meſſala beweiſen, daß die Sonne größer als die Erde ſei, und verfährt folgender Maßen: wäre die Sonne eben ſo groß oder kleiner als die Erde, ſo würde ihr Schatten ſich bis in's Unendliche erſtrecken und in jeder Nacht einen Theil der Sterne verfinſtern. —

Die Beſtimmung der Schiefe der Ekliptik war ein Hauptaugenmerk dieſer Aſtronomen. Chalid, Sened und Alis beobachteten für 827 : 23° 33′ 52″; Muhamed, Achmed und Haſen im Jahre 859 dagegen 23° 35′. — Alfraganus hat uns Auszüge aus dem Almageſt gegeben; Thebit die Länge des ſideriſchen Jahrs faſt ganz richtig auf 365 T. 6 St. 9′ 12″ beſtimmt. Er glaubte auch eine Nutation zu bemerken, irrte ſich aber ſowohl in der Sache, als in der Erklärung. — Den Albategnius (Al-Baten) hat man den arabiſchen Hipparch genannt. Die

wichtige Entdeckung von der Verschiebung derjenigen Punkte, wo die Erde der Sonne am nächsten und am entferntesten steht (Fortrückung der Apsiden) ist unbestritten sein Werk. Arzachel versuchte später, aber ohne glücklichen Erfolg, diese Angabe zu verbessern, indem er zu finden glaubte, diese Fortrückung sei nur eine Schwankung, und ein ähnliches Ab- und Zunehmen finde Statt in der Excentricität (der Entfernung des Mittelpunktes einer Bahn vom Hauptkörper). — Alhazen zeigte, die obere Luft müsse dünner sein, als die untere, sonst würde keine Strahlenbrechung darin stattfinden; zugleich versuchte er ihre Höhe zu berechnen, und den Tag der kürzesten Dämmerung zu bestimmen. Zur Bestimmung der Refraction schlug er vor, die oberen und unteren Meridiandurchgänge der nicht untergehenden Sterne zu beobachten — noch jetzt die beste Methode. Malek Shah berief Astronomen, um die Länge des tropischen Jahrs zu bestimmen; sie fanden 365 T. 5 St. 48 M. 48 Sec., und müssen folglich sehr gute alte Beobachtungen verglichen haben. Um einen richtigen Kalender zu erhalten, schlug Omar-Chejam einen 33jährigen Cyklus mit 8 Schalttagen vor, so daß statt des 32. Jahres erst das 33. ein solches sein sollte: ein Vorschlag, der der Wahrheit noch näher kommt, als selbst die Gregorianische Einrichtung. — Das freundliche Bild ward jedoch auf mancherlei Weise getrübt. Statt, wie die Alten thaten, die Astrologie mehr und mehr auszuscheiden, sehen wir zuletzt die arabische Astronomie fast ganz in jener Afterwissenschaft untergehn. Auf 1186 war der Untergang der Welt verkündigt worden (ähnlich wie im christlichen Europa auf 1524, 1777, 1809 und 1836), und schon früher hatte Albumasar der christlichen Religion eine Dauer von 1460 und der muhamedanischen eine von 544 Jahren vorhergesagt. Alpetragius gab den Planeten ein eigenes Licht, und zwar nicht gestützt auf Beobachtungen,

ondern aus allerlei ſonderbaren Grillen; etwa wie umgekehrt Vitruv das Stillſtehen der Planeten in der Nähe der Oppoſitionen dadurch erklärte, daß ſie zu weit von der Sonne entfernt ſeien und ihren Weg nicht mehr ſehen könnten. Zwar erzählt er dieſe Meinung nur, und macht auch eine Einwendung dagegen, nemlich die Planeten ſeien göttliche Weſen, die das Licht immer bemerkten, und die Sonne ſcheine überall hin. — Noch iſt zu erwähnen, daß wir den Arabern die erſte wirkliche Gradmeſſung verdanken. Sie ward in den Ebenen von Sennaar ausgeführt und ergab 56 arabiſche Meilen für den Grad; die arabiſche Meile hatte 4000 Ellen à 24 Zoll à 6 Gerſtenkörner, und ſo ſind wir mit dieſer arabiſchen Meile und folglich der ganzen Gradmeſſung im Grunde nicht beſſer daran, als mit den angeblichen alten, und ohne ein feſtes genaues Normalmaß, für deſſen immerwährende Aufbewahrung und Integrität die möglichſte Sorgfalt getragen wird, würden die Nachkommen von unſern Gradmeſſungen gleichfalls keinen Nutzen ziehen können. Snellius glaubt für den rheinländiſchen Fuß im Mittel 89 Gerſtenkörner gefunden zu haben, woraus für den Grad in Nubien 58,363 Toiſen (alſo etwa 1500 ſo viel) folgen würde.

Das von Bagdad ausgehende Licht hatte einzelne Strahlen nach Spanien und Perſien, ſo wie zu den Tartaren und Mongolen ausgeſandt, die auch noch glänzten, als die Hauptquelle ſchon verſiegt war; freilich nur dürftig und auf kurze Zeit. In Spanien arbeitete Alphons, König von Kaſtilien, von mehreren Gelehrten unterſtützt, an der Verbeſſerung der Sonnentafeln. Wie ſchon Averroes vor ihm, ſo hatte auch er Zweifel am Ptolemäiſchen Syſtem und meinte, ein allweiſer Schöpfer würde die Welt gewiß einfacher eingerichtet haben. Dieſer Ausdruck, von unwiſſenden, fanatiſchen Mönchen zur Gotteslästerung geſtempelt,

ward ſein Verderben. Nicht das Diadem, das er mit Ehren getragen, nicht der Name des Weiſen, den Zeitgenoſſen und Nachwelt ihm gegeben, vermochte ihn zu ſchützen. Sein eigner Oheim ſprach vor den verſammelten Ständen ſeine Verurtheilung und Abſetzung aus; verlaſſen und arm endete er ſein Leben in Sevilla. — In Perſien arbeitete man an aſtronomiſchen Tafeln und kannte und benutzte die alten. Ihre Sternbilder ſind in einigen Benennungen von den griechiſchen verſchieden, oder wenigſtens durch Umſchreibung gegeben. So heißt Bootes die große Eva, Ophiuchus die kleine Eva, Orion der Gewaltige, Herkules der knieende Mann, Caſſiopeja der Mann auf dem Stuhle, Andromeda das gefeſſelte Weib, Perſeus der Mann, der den Weiberkopf hält. Man ſieht, ſie hatten einen alten Globus mit Bildern, aber ohne Namen, oder doch mit ſolchen, die ihnen nicht recht verſtändlich waren. Dſchingiſchan wünſchte ſich vergebens einen Aſtronomen; erſt ſeinem Enkel Hulagu gelang es, den berühmten Naſireddin zu gewinnen, dem er eine Sternwarte zu Maraſch baute. Vorher hatte er eifrig Nachrichten von allen bekannten Sternwarten geſammelt, um die ſeinige darnach einzurichten. Hauptzweck derſelben war, Verbeſſerung der Ptolemäiſchen Tafeln durch Beobachtungen. Naſireddin hatte 30 Jahre gefordert; Hulagu's Ungeduld bewilligte ihm nur 12 dazu, und dies trägt wohl die Schuld, daß dieſe unter dem Namen ilekaniſche bekannten Tafeln den Ptolemäiſchen an Genauigkeit im Ganzen nachſtehen, und ſie überdies größtentheils nur copiren.

Auch noch der Enkel Timur's, der Usbeke Ulugh-Beigh, in Samarkand herrſchend, beförderte, während ſeiner mehr als 40jährigen Regierung, die aſtronomiſche Wiſſenſchaft. Die Direction der prachtvollen Sternwarte, die er mit großen Koſten zu Stande brachte, führte er ſelbſt, und

die berufenen Aſtronomen waren nur ſeine Mitarbeiter. Doch ſind die Erzählungen von der ungeheuren Größe ſeiner Inſtrumente (z. B. eines Quadranten, deſſen Radius gleich der Höhe der Sophienkirche in Konſtantinopel) wohl übertrieben, wenigſtens hätten ſolche Koloſſe die Wiſſenſchaften nicht gefördert. Es iſt übrigens bekannt, daß man in jenen Zeiten durch immer weiter gehende Vergrößerung der Kreiſe und Quadranten allen Fehlern abhelfen zu können glaubte, ähnlich, wie man ſpäter Alles darein ſetzte, Fernröhre von ungeheurer Länge zu machen, und z. B. in Frankreich unter Caſſini bis über 200 Fuß ging. Alſuphi, ein Araber, reducirte für ihn das Fixſternverzeichniß des Hipparch mit Hülfe der damals ſchon ziemlich gut bekannten Präceſſion. Ulugh-Beigh prüfte dieſe Oerter an ſeinen Inſtrumenten, fand ſie nicht genau genug und unternahm es ſie zu berichtigen. Die große Arbeit kam wirklich zu Stande und wird ſeinen Namen ſicherer verewigen, als es ſeine Eroberungen vermöchten *). Der treffliche Fürſt fiel von der Hand ſeines eigenen Sohnes, der ſich gegen ihn empört hatte.

Wir haben hauptſächlich nur derjenigen Bemühungen der Vorzeit, die auf die gegenwärtig in Europa blühende Wiſſenſchaft einen Einfluß ausgeübt haben, gedenken wollen. Deshalb übergehen wir die Siameſen und Tibetaner, ſo wie nicht minder die Peruaner, Araucanen und die Anwohner des Maranhon, bei denen ſich größere oder geringere Bruchſtücke aſtronomiſcher Kenntniſſe aufweiſen laſſen. Nur die Chineſen, deren wir ſchon oben beiläufig erwähnten, dürfen nicht ganz bei Seite geſetzt werden.

*) Vor Kurzem hat die Londoner aſtronomiſche Geſellſchaft die Tafeln Ulugh-Beighs in einer neuen Ausgabe, mit kritiſchen Bemerkungen verſehen, in ihrer Sammlung älterer aſtronomiſcher Tafeln erſcheinen laſſen.

Es hat mit den Beobachtungen der Chineſen, wie überhaupt mit ihren Wiſſenſchaften, eine eigenthümliche Bewandniß. Dieſes Volk beſitzt allerdings eine, und gerade für den Aſtronomen überaus wichtige Eigenſchaft — nemlich die eiſernſte Beharrlichkeit. Wer weiß es nicht, daß ſie ſchon in grauer Vorzeit Werke ausgeführt haben, gegen welche unſere Tunnels und Eiſenbahnen wahre Kinderſpiele ſind. Aber unglücklicher Weiſe verbindet ſich mit dieſer höchſt löblichen Tugend eine ſo blinde Verehrung des Alten, wie man vielleicht bei keinem andern Volke findet, und zugleich ein ſo lächerlich übertriebener Nationalſtolz, daß der Chineſe die Welt nur in China ſieht. Dieſes genau kennen zu lernen, iſt das Hauptziel ſeiner Wiſſenſchaft, und wenn er hier Alles bis auf das geringſte Theilchen gemeſſen, gezählt und beſtimmt hat, ſo iſt er fertig, denn wie viel oder wie wenig Barbarenländer es außerhalb der Grenzen des himmliſchen Reiches gebe, iſt ihm durchaus gleichgültig. So hat denn auch dort das Firmament nur Bezug auf China. Die großen Sonnenfinſterniſſe z. B. bezeichnen den Untergang chineſiſcher Dynaſtien oder etwas dem Aehnliches, ſie ſind deshalb eine wichtige Staatsangelegenheit. Man hat Beiſpiele, daß falſch berechnete oder nicht voraus verkündigte Finſterniſſe an den kaiſerlichen Aſtronomen mit dem Tode beſtraft worden ſind. Dr. Gaubil theilt uns folgenden merkwürdigen Vorfall mit:

„Im Jahre 31 nach Chr. trat eine große Sonnenfinſterniß ein, die nicht vorher angekündigt war. Der Kaiſer verbrachte fünf Tage in einſamen Gebeten und Betrachtungen über ſich ſelbſt, und erließ hierauf folgendes Edict: „„Der Anblick der Sonne und des Mondes erinnert uns, an uns ſelbſt zu denken. Wir müſſen uns beſſern, um dadurch dem Uebel zuvorzukommen, mit dem uns der Himmel droht. Ich kann kaum reden, ich zittre beim Anblick meiner Fehler.

Ich befehle, daß die Großen meines Reiches mir aufrichtig ihren Rath in verſiegelten Schreiben geben, und ich will nicht, daß man mir den Titel Ching beilege"". Eins dieſer Gutachten wird uns mitgetheilt: „Nach den Regeln der Aſtronomie müſſen die Sonnenfinſterniſſe nur am erſten Tage des Monats erſcheinen,*) indeß ſind ſeit einigen Jahren mehrere am letzten Tage erſchienen. Dies kommt daher, weil der Mond ſeine Bewegung beſchleunigt hat, und dadurch die Zeit der Finſterniß zu früh kommt. Die Sonne iſt das Bild des Fürſten; der Mond das Bild der Unterthanen, deren Fehler gewöhnlich aus den Fehlern der Fürſten entſpringen**)."

Im chineſiſchen Reichskalender (den in jedem Jahre der Kaiſer ſelbſt vorher genau prüft) iſt auf der erſten Seite jeder andre Kalender bei Todesſtrafe verboten; ſeine Nichtannahme würde ſchon für Empörung gelten. Bei Sonnenfinſterniſſen wird die Erſcheinung mit der davon entworfenen Zeichnung ſowohl vom Kaiſer als von den Mandarinen ſorgfältig verglichen. Die Menge in den Städten erhebt ein fürchterliches Geräuſch mit Trommeln und lärmenden Inſtrumenten, peitſcht noch obendrein die Hunde, um ſie tüchtig bellen und heulen zu machen, und dies Alles, um den großen Drachen zu verſcheuchen, der die Sonne verſchlingen will. (Dies iſt allerdings nur Pöbelmeinung, und der höher geſtellte Chineſe kennt den wahren Grund der Finſterniſſe recht gut).

---

*) Die Chineſen hatten Mondmonate, die mit dem Neumond anfingen.

**) Sollte der Mann wohl gar etwas von der Theorie der Mondsſtörungen gewußt und unter dieſem Bilde verſteckt haben?

Bekanntlich hatte China's Omar, der Kaiſer Schi-hoang-ti, vor etwa zweitauſend Jahren die chineſiſchen Bücher verbrannt, und darunter auch die aſtronomiſchen. Indeß ſtellte man ſie bald nachher, theils aus Erinnerungen alter Leute, theils aus anderweitig geretteten Bruchſtücken wieder her, denn des Frevels, an ihrer Stelle etwas Neues zu ſchaffen, hätte kein Chineſe ſich ſchuldig gemacht. Mag nun dieſe Herſtellung doch keine recht genaue geweſen ſein, oder mag es andre Urſachen gehabt haben, genug, der Himmel und die Tabellen ſtimmten je länger deſto ſchlechter, und man mußte zuletzt ſich zu dem Härteſten entſchließen und eine allgemeine Reform der Aſtronomie decretiren. Yhang war es, der den gefährlichen Auftrag erhielt; und in der That, der Mann hat für einen Chineſen alles Mögliche gethan. Er verfertigte neue Sonnentafeln, edirte ein Sternenverzeichniß nebſt Sternkarten, ſchickte zwei Geſellſchaften von Mathematikern, eine nach Norden, die andre nach Süden, um das Reich zu meſſen und zu beſchreiben; auch beſaß er eine Methode, die Längen auf der Erde zu beſtimmen. Mitten in ſeinen gelehrten Arbeiten traf ihn das Unglück, daß nach einander zwei von ihm voraus verkündigte Finſterniſſe nicht eintrafen. In der äußerſten Verlegenheit ſchob er den Fehler auf eine Zerrüttung des Himmels, veranlaßt durch eine Bedeckung des Sirius durch die Venus. Sirius hat 38° ſüdl. Breite und Venus kann nie über 10° erreichen. Indeß mundus vult decipi, ergo . . . . . —

Das Wichtigſte, was wir eigentlich den Bemühungen dieſes Volks verdanken, ſind ſeine Kometenbeobachtungen. Die alten Griechen, Römer, Byzantiner u. ſ. w. erzählen uns zwar Manches von Kometen, aber leider Nichts, was wir brauchen könnten, und in Alexandrien iſt keine Rede von ihnen. Weder Hipparch noch Ptolemäus haben ſich um ſie bekümmert, weil ſie ſie wahrſcheinlich gar nicht für

rechte Himmelskörper hielten. Wir würden bis in's funfzehnte Jahrhundert hinab ſo viel als Nichts von dieſen Körpern wiſſen, wenn nicht die Chineſen in's Mittel träten und durch ihre allerdings rohen, aber dennoch zweckmäßigen Beobachtungen des Orts der Kometen die Lücke einigermaßen ausfüllten. Aberglaube aller Art in Beziehung auf die Kometen herrſchte zwar auch in China, doch ſcheint er dort die Menſchen nicht ſo gänzlich blind für das Weſentliche gemacht zu haben als leider in Europa. Es fehlt auch dort nicht an Uebertreibungen der Länge des Schweifs, des fürchterlichen Anſehns und dgl., doch ſo grob als die Abendländer haben ſie nicht gelogen, wie man aus der Vergleichung der dies- und jenſeitigen Berichte über denſelben Kometen ſieht. Ihre Ortsbeſtimmungen ſind, wie ſchon erwähnt, nicht ſehr genau, geben bloße Längen in der Ekliptik an, ohne die Breiten, die dem Berechner doch eben ſo wichtig ſind; auch ſind ſie nicht frei von Widerſprüchen und unverſtändlichen Stellen: gleichwohl haben Burckhardt und andere Aſtronomen aus den chineſiſchen Daten, vom Jahre 240 unſerer Zeitrechnung an, einige näherungsweiſe berechnete Bahnen ableiten können, und dieſe wenigen ſind über ein Jahrtauſend hindurch die einzigen, welche wir haben. Wie lächerlich und ſonderbar uns daher Manches an dieſem Volke auch ſcheinen mag, nie wird der Europäer es in Abrede ſtellen können, daß er ihnen in den Wiſſenſchaften wie in andern Beziehungen ſo Manches verdanke, was auf keine andre Weiſe zu erlangen war.

III.

Vom 14. Jahrhundert bis auf Kopernikus.

Wie wir geſehen haben, waren die Leiſtungen der Araber nicht ohne alle Wirkung auf das Abendland geblieben. Gegenſeitiger Fanatismus verhinderte zwar einen allgemeinen und dauernden Einfluß, doch war das Uebergewicht auf jener Seite ſo groß, daß dieſſeits die Anerkennung nicht ausbleiben konnte. Cordova's Hochſchule ward ſelbſt in der Zeit des bitterſten Religionshaſſes von Schülern aus katholiſchen Staaten beſucht, und wo es wichtige Fragen zu entſcheiden galt, ſehen wir den chriſtlichen Gelehrten mit den Bekennern des Moſaismus und des Islam zur gemeinſamen Arbeit und Berathung vereint. Aber wir müſſen mit Beſchämung geſtehn, daß der Antheil des Erſtern ein ſehr geringer war. Die unglaubliche Unwiſſenheit des frühern Mittelalters hatte einer mittelmäßigen hiſtoriſchen Kenntniß der Alten Platz gemacht, und die Zahl der Commentatoren, Compilatoren und Epitomatoren, die mit dem Ende des zehnten Jahrhunderts beginnt, iſt nicht ſo ſehr gering. Weidler und Riccioli führen mehr als funfzig auf, die bis zur Mitte des funfzehnten Jahrhunderts hin über Aſtronomie ſchrieben, und deren Werke zum Theil ſpäter gedruckt wurden; aber nicht Einer von ihnen hat die Wiſſenſchaft theoretiſch oder praktiſch bereichert, wenn wir nicht etwa Johann v. Linerii's Werke ausnehmen wollen, der die Oerter von 48 Sternen durch eigene Beobachtungen im Jahre 1364 beſtimmt haben ſoll, oder P. d'Ailli, der gegen Ende des

14. Jahrhunderts auf den Fehler des Julianiſchen Kalenders aufmerkſam machte, freilich ohne Gehör zu finden. Ein Zeitalter, in welchem Biſchof Albert den Beinamen Magnus erhalten und für den größten Gelehrten ſeiner Zeit gelten konnte, blos dadurch, daß er mehr vom Almageſt wußte, als ſeine Zeitgenoſſen — denn geleiſtet hat er nicht das Geringſte — kann keinen Anſpruch auf wiſſenſchaftliche Bedeutſamkeit machen.

Roger Baco, den gelehrten und ſcharfſinnigen Britten, würde man indeß nicht ganz mit Recht mit den erwähnten Scribenten verwechſeln. Er ſcheint wirklich ſelbſtſtändig geforſcht zu haben, und jedenfalls war er einer jener philoſophiſchen Geiſter, die ſelbſt in den ungünſtigſten Jahrhunderten ihre Blicke auf das Weſen der Dinge zu richten nicht unterlaſſen können. Aber was er im Fache der Optik — worüber er ſich am meiſten verbreitete — wirklich geleiſtet haben möge, läßt ſich nicht wohl entſcheiden: gewiß aber iſt es wohl, daß er das Fernrohr weder kannte noch erfand, ſondern höchſtens einige, zwar keineswegs irrthümliche, aber nicht ausreichende theoretiſche Ideen über daſſelbe hatte; und daß nur die Theorie der Hohlſpiegel einige wirkliche Bereicherungen durch ihn erhalten hat. Denn er behauptet geradezu unmögliche Dinge, die Niemand, der mit Fernröhren und Mikroſkopen wirklich arbeitet, jemals behaupten wird *). Ob er das Schießpulver erfunden habe, bleibt hier außer der Frage: gewiß aber iſt es Baco's Unglück, nicht ein Jahrtauſend früher, oder ein halbes Jahrtauſend ſpäter geboren worden zu ſein: ſo würde er wahrhaft Großes geleiſtet haben und neben einem Hipparch und Newton

*) Er will z. B. bewirken, daß ein Kind als ein Rieſe, ein Menſch ſo groß als ein Berg, ein kleiner Trupp als ein großes Heer erſcheine u. ſ. w.

genannt werden. Das 13. Jahrhundert nöthigte ihn Mönch zu werden, um ruhiger ſtudiren zu können, ja es verfolgte ihn auch in die Stille ſeines Kloſters hinein. Der Zauberei angeklagt, verbot man ihm zu ſchreiben und warf ihn in ein enges Gefängniß. Vor den geiſtlichen Tribunalen jener Zeit wären ſämmtliche heutige Akademien und Univerſitäten in pleno der Ketzerei und Zauberei angeklagt und verurtheilt worden, denn Ketzer hieß damals Jeder, der eine neue Wahrheit entdeckte, und Zauberer Jeder, der ein neues Werkzeug erfand, oder irgend etwas beſſer zu machen verſtand, als der blind nachbetende große Haufe.

Deutſchland war es, das den erſten Aſtronomen der neuern Zeit erzeugte; Georg Peurbach ſein Name, 1423 ſein Geburtsjahr. Er ſtudirte ſchon in früher Jugend zu Wien den Almageſt, allein ohne ſich dadurch befriedigt zu fühlen. Seine Theorie kann hier nicht auseinandergeſetzt werden: ſie war ſinnreich aber falſch. Peurbach, der im noch nicht vollendeten 38. Jahre ſtarb, hinterließ einen Schüler, Johann Müller, Regiomontan genannt, da er zu Königsberg in Franken 1436 geboren war. Er trat in Wien und Rom als Lehrer der Aſtronomie auf und es glückte ihm, einen reichen Bürger zu Nürnberg, Walter, für die Aſtronomie zu gewinnen. Dieſer ſchaffte mit großen Koſten Inſtrumente an, gründete ſogar in ſeinem Hauſe eine Druckerei, und Beide arbeiteten nun gemeinſchaftlich auf's Eifrigſte. Eins ihrer Inſtrumente war ſowohl für Beobachtungen, die auf den Aequator, als auch für ſolche, die auf die Ekliptik bezogen werden ſollten, eingerichtet. Einſt fanden ſie den Mars faſt zwei volle Grade von dem Orte entfernt, den ihm die Tafeln gaben; ſie ſuchten dieſe alſo zu verbeſſern. Die Zeit beſtimmten ſie durch die Fixſterne; früher hatte man nur die ſo höchſt unvollkommenen Sand- und Waſſeruhren. 1472 gewahrten ſie einen Kometen, der erſte in Europa be-

obachtete. — Sixtus IV. berief den Regiomontanus nach Rom, da er die Absicht hatte, den Kalender zu verbessern; hier aber starb dieser im 40. Jahre seines Alters, und die Verbesserung unterblieb. Walter setzte seine Beobachtungen allein fort und überlebte seinen Genossen um 28 Jahre. — Eine ihrer Beobachtungsmethoden hat lange Zeit Anwendung gefunden: sie maßen den Abstand eines Planeten, Kometen u. s. w. von zweien Fixsternen möglichst gleichzeitig. Seit 1484 bediente sich Walter auch einer genaueren Uhr.

Fracastor (oder vielmehr Turrius, denn Fracastor sagt selbst, daß er von diesem seine Ideen habe) versuchte lauter kreisförmige Bahnen an die Stelle der Ptolemäischen excentrischen Epicykel zu setzen. Da er aber mit einem Kreise — wenn anders die Erde in Ruhe bleiben sollte — nicht ausreichte, so vervielfältigte er sie so sehr, daß er z. B. für Saturn 17, für Jupiter 11 u. s. w., überhaupt für das Planetensystem, incl. Mond und Sonne, 73 verschiedene Sphären in einander schachtelte, wozu noch 6 für die Fixsterne kamen. Fracastor zeigt sich in seinen Schriften als einen hellen philosophischen Kopf, der sich nicht durch Autoritäten verblenden läßt; doch in der Planetentheorie ist er offenbar nicht glücklich gewesen und Vorgänger des Kopernikus scheint er nur in so fern genannt werden zu können, als er die Unhaltbarkeit des Ptolemäischen Systems erkannte.

Nicolaus Kopernikus (Köpernik), geboren zu Thorn 1472. Der große Ruf Regiomontans (er war bei dessen Tode 4 Jahre alt) entflammte schon in seiner frühen Jugend in ihm die Begierde nach gleichem Ruhme. 23 Jahr alt, reiste er nach Bologna, um Dominicus Maria zu hören, und half diesem bei seinen Beobachtungen. Bei seiner Rückkehr zum Canonicus in Frauenburg ernannt, konnte er sich fortan ungestört den Wissenschaften widmen.

Wie viel oder wie wenig er den Meinungen der Alten — einem Nicetas, Ariſtarch, oder den alten Pythagoräern — verdankt, iſt hier nicht der Ort, ausführlicher zu unterſuchen. Daß er in den Alten nützliche Winke gefunden, äußert Kopernikus ſelbſt; ſein Syſtem verdankte er ſicherlich nur ſich. Wenn es ſo leicht geweſen wäre, das richtige Syſtem in jenen Aeußerungen der Alten zu finden, als manche Philologen nach Kopernikus geglaubt haben, wie hätte es denn eine ſo lange Zeit ſelbſt denen verborgen bleiben können, die auf's Eifrigſte darnach ſuchten? Standen ſie ja doch jenen Alten näher, als Kopernikus, und als wir ihnen ſtehen! Aber es hat weder bei Amerika's Auffindung, noch bei der Buchdruckerkunſt, noch bei irgend einer andern Epoche machenden Entdeckung an Leuten gefehlt, die uneingedenk des alten

„Hic liber est, in quo sua quaerit dogmata quisque,
invenit et pariter dogmata quisque sua."

ſogleich mit den alten Citaten zur Hand waren, die ſie nun mit einem Male zu deuten wußten, gleich als ob die claſſiſchen Alten das ausſchließliche Privilegium des Schaffens gehabt hätten und wir uns darauf beſchränken müßten, ſie zu ſtudiren. Kopernikus, wie alle großen Männer der alten und neuen Zeit, ſtudirte die Natur, dieſe ewige Lehrmeiſterin denkender Geiſter. Was aus dem Studium der Bücher, wenn es als das Einzige und Höchſte betrachtet wird, hervorgehen kann, hat ein langes Jahrtauſend uns zur Genüge gezeigt.

Drei und zwanzig Jahre beobachtete und forſchte er, um ein der Natur entſprechendes und einfaches Syſtem aufzuſtellen, denn alle bisherigen waren weder das Eine noch das Andere. Zuerſt hob er das Unbegreiflichſte von Allem, die 24ſtündige Umwälzung des ganzen Univerſums um die Erde, durch eine Rotation der Erde um ſich ſelbſt auf, die gleichförmig in

der Ebene des Aequators vor ſich ging. Hierauf ſetzte er die Sonne in den Mittelpunkt als ruhenden Körper, und ließ um ſie die verſchiedenen Planeten, folglich auch die Erde ſelbſt, ſich in excentriſchen Kreiſen drehen. Einer dieſer Kreiſe, die Erdbahn, trat nun an die Stelle der bisherigen Sonnenbahn. Ihre Ebene, die Ekliptik, legte er zu Grunde und bezog die Neigungen der übrigen Planetenkreiſe nur einfach auf dieſe Grundebene. Nur der Mond lief noch, wie im Ptolemäiſchen Syſtem, um die Erde. Da er übrigens den excentriſchen Kreis beibehielt, ſo ſah er ſich, um eine Uebereinſtimmung mit dem Himmel zu erhalten, gleichwohl genöthigt, noch Epicykeln anzubringen oder auch die Mittelpunkte der Kreiſe ſich um andre ideale Punkte bewegen zu laſſen. Die Wegſchaffung dieſer kleinen Unvollkommenheiten gelang erſt Kepler durch Einführung der Ellipſe.

Lange kämpfte er mit ſich ſelbſt und mit ſeinen Freunden, ob er dies Syſtem veröffentlichen ſolle. Die inſtändigen und unabläſſigen Bitten der Letztern ſiegten zuletzt. Er ſchickte die Handſchrift nach Deutſchland und im Jahre 1543 erſchien Copernici Astronomia instaurata sive de revolutionibus orbium coelestium libri sex, Norimbergae; nebſt einer Dedicationsſchrift an den Papſt Paul III. Er geht Schritt vor Schritt, er bleibt keinen Beweis ſchuldig, läßt keinen Einwurf unbeachtet und unbeantwortet. Er tritt der Meinung aller Zeitgenoſſen, Gelehrter wie Ungelehrter, gegenüber, er greift eine Autorität an, die Jahrtauſende geherrſcht hatte, er widerſpricht dem Augenſcheine, auf den ſich Jeder berufen zu können glaubt, er verwundet endlich den Stolz des Erdbewohners an ſeiner empfindlichſten Seite. Und als ob es damit noch nicht genug ſei, auch die ſich über Alles erhaben dünkenden Theologen macht er ſich noch ganz beſonders zu Feinden, denn er wagt es, ihrer Schriftauslegung eine ganz andre zu ſubſtituiren! „Das that der Geiſt der Ordnung,

der in ihm wohnte; der, selbst vom Himmel stammend, sein eignes Wesen in seine Werke hinaustrug, und Ordnung um so leichter erkannte, als er selbst durch innere Stärke freier geblieben war." (Lichtenberg). — Als das erste gedruckte Exemplar des unsterblichen Werkes in Frauenburg anlangte, lag sein Urheber auf dem Sterbebette, und es war der letzte Strahl seines Bewußtseins, daß er das Buch in die Hand nahm und seine Freude ausdrückte. Wenige Stunden, und sein Geist hatte diese Erde verlassen *).

Der heftige Streit, der über die neue Lehre entbrannte, hat jetzt, ähnlich wie der über die Rundung der Erde, die Antipoden und dgl. nur noch historische Wichtigkeit: die Zeiten, wo ein Riccioli 77 Gründe wider und 49 Gründe für Kopernikus in Reih und Glied gegen einander aufmarschieren ließ (Almagestes Novus T. II. lib. IX.) sind vorübergegangen; die Bauern in Hirsau sind gleichfalls beruhigte und Mercier (Sur l'impossibilité des Systemes de Copernic et de Newton, Paris 1806) dürfte der Letzte gewesen sein, der im Ernst etwas dagegen hätte. Indessen dürften zwei Einwürfe hier deshalb eine Stelle verdienen, weil sie sich bei näherer Untersuchung nicht blos gehoben, sondern in directe Beweise für das Kopernikanische System verwandelt haben, und weil sie uns Veranlassung geben, zwei in der Astronomie höchst wichtige Gegenstände zu erläutern.

Der erste schon von Ptolemäus (Almag. l. I. c. 7) geltend gemachte Einwurf gegen die tägliche Rotation ist folgender: Wenn man einen Stein gerade in die Höhe wirft, so könnte er, falls inzwischen die Erde rotirte, nicht an dem Punkte niederfallen, wo man ihn aufwarf, sondern weit nach Westen entfernt (wenn es unter dem Aequator

*) Am 11. Juli 1543.

geſchähe, für jede Secunde 1500 Fuß). So dürfte z. B. die Turteltaube ihr Neſt nicht verlaſſen und ſich in die Luft erheben, aus Furcht, ihre Jungen nicht wieder zu ſehen. — Allein die Bewegung der Erde um ihre Axe theilt ſich allen Körpern, die zu gehören, mit, ſie mögen durch Cohäſion damit verbunden ſein, loſe darauf liegen oder auch in den Lufträumen ſchweben, und andere ihnen mitgetheilte Bewegungen ändern dieſe eben ſo wenig, als ſie z. B. die urſprüngliche bei einem Körper ändern, den man von der Maſtſpitze eines ſegelnden Schiffes herabfallen läßt, und der weder ins Waſſer noch auf einem entfernten Punkte des Verdecks, ſondern am Maſte niederfällt, weil die Bewegung des Schiffs, die ihm bereits mitgetheilt war, während des Falles dieſelbe bleibt (Man kann auf jedem fahrenden Wagen den Verſuch machen). Nun aber hat Benzenberg directe Verſuche im Michaelisthurm zu Hamburg und in den Kohlenbergwerken von Schlebuſch angeſtellt, und dieſe haben das Reſultat ergeben, daß ein fallender Körper nicht weſtlich (wie Ptolemäus, Tycho und Riccioli meinten), ſondern umgekehrt um eine Kleinigkeit öſtlich von der ſenkrechten Linie niederfalle. Die Sache iſt folgende:

Die Spitze des Thurms (um bei erſterem Beiſpiel zu bleiben) iſt weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt, als ſein Fuß, beſchreibt folglich bei der Rotation einen größeren Kreis in 24 Stunden und bewegt ſich alſo raſcher. Dieſe raſchere Bewegung theilt natürlich der auf der Spitze Stehende, ſo wie der Stein, den er hält, und dieſer Ueberſchuß bleibt auch während des Fallens. Der Fuß des Thurmes alſo bewegte ſich für ihn nicht ſchnell genug, der Stein iſt ihm öſtlich vorausgeeilt,*) und es muß erfolgen, was die

*) Allerdings nur um einige Linien, die ſich nur bei häufiger

Benzenbergiſchen Beobachtungen ergaben und was man nicht würde erklären können, wenn keine Rotation wäre.

Der zweite, der auch dem Kopernikus ſelbſt als der wichtigſte erſchien, betrifft die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne. Erinnern wir uns, daß ſchon Ariſtarch die Bahn der Erde einen Punkt im Vergleich zum Abſtande der Fixſterne genannt hatte, um auszudrücken, daß dieſe Bewegung keine merkliche Ortsveränderung der Sterne nach ſich ziehe. Nun läßt ſich aber theoretiſch zeigen, daß die Erde ſich nicht wirklich bewegen könne, ohne daß die Fixſterne (und alle Himmelskörper) dadurch eine ſcheinbare Bewegung in entgegengeſetzter Richtung erhielten. Dieſe ſcheinbare Ortsveränderung (jährliche Parallaxe) wird um deſto kleiner ſein, je weiter der betreffende Körper von uns entfernt iſt, und es kann Entfernungen geben, die ſo groß ſind, daß wir ſie gar nicht mehr wahrnehmen können, ähnlich wie es an einem entfernten Thurme oder Berge nicht mehr wahrgenommen werden kann, wenn man ſich wenige Schritte bewegt hat, ſondern nur an den näher ſtehenden Bäumen oder andern Gegenſtänden. Kopernikus mußte alſo annehmen, daß ſelbſt die nächſten Fixſterne doch noch über tauſendmal weiter entfernt ſein müßten, als die Sonne.

Allein die Inſtrumente und Beobachtungsmethoden wurden verfeinert, das Fernrohr erfunden, alle Kunſtgriffe der Berechnung in Anwendung gebracht und noch immer wollte ſich keine Fixſternparallaxe zeigen, ſo daß man die Sterne nun um ſchon mehr als hunderttauſendmal entfernter als die Sonne annehmen mußte, und zwar, wie nicht geleugnet

---

Wiederholung und ſorgfältig angeſtellten Verſuchen mit Sicherheit erkennen laſſen, da die Höhen, von der wir Körper ſenkrecht herabfallen laſſen können, gegen den Erdhalbmeſſer ein ſehr geringes Verhältniß haben.

werden konnte, einzig dem Kopernikaniſchen Syſteme zu Liebe, während doch der Wunſch nahe lag, entweder dieſe Parallaxen wirklich zu finden oder auf andrem Wege einen entſchiedenen Beweis für dieſe ungeheuren Diſtanzen zu erhalten. Einer der aufmerkſamſten und genaueſten Beobachter war Bradley. Die Parallaxe zu finden, gelang zwar auch ihm nicht, wohl aber fand er eine andere, allen Sternen gemeinſame, jährliche Ortsveränderung, welche er aus der zuſammengeſetzten Bewegung der Erde und des Lichts erklärte. Man denke ſich eine Kanonenkugel, welche durch beide Seiten eines Schiffes durchgeſchoſſen wird, ſo wird die Linie, welche beide Löcher verbindet, die Richtung des Schuſſes genau angeben, wenn das Schiff inzwiſchen ſtill ſtand. War dies aber nicht der Fall, ſo wird jene Linie ſich zuſammenſetzen aus den beiden Bewegungen des Schiffs und der Kugel, und folglich die letztere allein nicht mehr mit Sicherheit daraus gefunden werden können, es ſei denn, daß man das Geſchwindigkeits-Verhältniß beider Bewegungen kenne und in Rechnung ziehe: oder, wenn man die wahre Richtuug bereits kennt, ſo wird man aus dieſer Abweichung jenes Geſchwindigkeits-Verhältniß berechnen können.

Man ſetze nun ſtatt der Kanonenkugel das Licht, und ſtatt der Schiffswände Objectiv und Ocular des Fernrohrs, mit dem der Aſtronom beobachtet, und welches die jährliche Bewegung der Erde mitmacht, ſo hat man die von Bradley entdeckte Aberration. Sie war gerade ſo groß, als ſie ſein mußte, wenn man die — ſchon anderweitig bekannte — Geſchwindigkeit des Lichts mit der, welche nach Kopernikus' Syſtem für die Erde folgte, zuſammenſtellte, und folglich ein directer Beweis für letzteres. Es mag übrigens noch erwähnt werden, daß in den neuſten Zeiten ein Anfang damit gemacht iſt, die Fixſternparallaxen wirklich aufzufinden.

Freilich iſt ſie bis jetzt nur von 4 Sternen gewiß (α der Leyer, 61 des Schwans, Canopus und Polarſtern), wäre ſie es aber auch nur von einem einzigen, ſo wäre dies völlig hinreichend für die Frage, die wir hier behandeln.

Wie weit entfernt Kopernikus von jeder Rechthaberei war, welche Hochachtung er für ſeine Vorgänger hatte, dies bezeugen am beſten die Planetentafeln, die unter dem Namen die Prutenischen (Preußiſchen) bekannt ſind. Er findet eine andere (und richtigere) Länge des Jahrs als Ptolemäus und Albategnius, er findet die Schiefe der Ekliptik, den Ort und die Bewegung der Sonnenferne u. ſ. w. anders als jene; allein er wagt es nicht, ſeine Beſtimmungen als die beſſern den alten zu ſubſtituiren, ſondern er ſtellt jene neben dieſe und läßt die Entſcheidung, ob nicht etwa die Elemente ſelbſt ſich verändert hätten, oder welches im entgegengeſetzten Falle die richtigeren ſeien, ſpäteren Zeiten offen; er hütet ſich überhaupt vor allen übereilten und vorſchnellen Schlüſſen und geht nie weiter, als er mit voller Sicherheit gehen kann, zufrieden, den zukünftigen Forſchern den rechten Weg gezeigt und einen Grund gelegt zu haben, der fort und fort weiter führen könne.

Wie unendlich erhaben ſteht der eben ſo beſcheidene als wahrhaft große Mann über jenen raſchen Syſtemſchmieden, die nie die Zeit erwarten können, ſondern jede iſolirte und halbverſtandene Wahrheit, jede unreife Idee ſofort zu einer neuen Theorie verarbeiten und die Welt damit erleuchten! — Möchte das Denkmal, wodurch jetzt ſeine Vaterſtadt ihn und ſich ſelbſt ehren will, am Beginne des vierten Jahrhunderts nach ſeinem Tode feſt gegründet werden!

Bis hierher haben wir ſo viel als möglich keinen Aſtronomen übergangen, der etwas Erhebliches und Dauerndes geleiſtet hat. Da aber dieſe Briefe ſich nicht zu einer vollſtändigen Geſchichte ausdehnen können und ſollen, ſo

werden wir von jetzt ab nur Einzelne herausheben und eben ſo auch nur die wichtigſten der aſtronomiſchen Erfindungen, wodurch die drei letzten Jahrhunderte ſich auszeichnen, berühren.

IV.

Von Kopernikus bis auf die neueſte Zeit.

Die Kalenderverbeſſerung, dieſe ſchon ſo lange gewünſchte und vorgeſchlagene Veränderung des Soſigeniſchen Cyklus, ward endlich unter Gregor XIII. ausgeführt. Der wahre Urheber des ſinnreichen Syſtems iſt Aloys Luillius, ein Arzt aus Verona, wiewohl er vor der wirklichen Ausführung ſtarb. Sein Bruder Clavius Ignatius Dantes und andere Gelehrte machten das vom Pabſte berufene Collegium aus. Um den Fehler der Epoche zu verbeſſern und die Frühlingsnachtgleiche wieder auf den Punkt zu bringen, auf welchen das nicäiſche Concil ſie fixirt hatte, mußten 10 Tage aus dem Kalender fortbleiben*). Um aber die allmählige Wiedererzeugung des Fehlers zu verhindern,

*) Nach einem Beſchluſſe dieſes Concils waren nemlich 3 Tage (der Fehler ſeit Julius Cäſar) bereits weggelaſſen worden, ſo daß man jetzt nur die Correction für die ſeitdem verfloſſenen 12 Jahrhunderte nachzuholen hatte. In den proteſtantiſchen Ländern, wo die Einführung nach 1700 erfolgte, mußten aus gleichem Grunde 11 Tage wegbleiben, und wenn es im 19. Jahrhundert, wie man hoffen darf, in Rußland dazu kommt, werden zwölf Tage wegbleiben müſſen.

mußte die Ordnung der Schaltjahre verändert werden. Es ward festgesetzt, daß zwar jedes 4. Jahr der christlichen Zeitrechnung ein Schaltjahr bliebe, jedes hundertste Jahr aber, wenn nicht die Zahl der vollen Hunderte gleichfalls durch 4 theilbar sei, für ein Gemeinjahr zählen solle. Hiernach war 1600 ein Schaltjahr, 1700, 1800, 1900 sind Gemeinjahre, 2000 ist ein Schaltjahr u. s. w. Diese Veränderung war leicht und einfach; schwieriger aber war es, den Mondcyklus in diese Ordnung mit aufzunehmen, und doch war dies der Festrechnung wegen nothwendig, da das nicäische Concil verordnet hatte, Ostern stets an demjenigen Sonntage zu feiern, der auf den ersten Vollmond des Frühjahrs folgt. Die dafür getroffene Einrichtung ist eine sehr glücklich gewählte; sie schließt sich dem wirklichen Laufe des Mondes so genau an, daß die Abweichung nur selten einen Tag übersteigt und (was die Hauptsache ist) die Fehler sich nie hoch ansammeln können. Unter Zustimmung aller katholischen Fürsten führte Gregor diesen Kalender durch ein Breve ein, und es wurden nach dem 4. October 1582 zehn Tage aus dem Kalender weggelassen, so daß auf den 4. der 15. folgte. Die protestantischen Staaten nahmen ihn anfangs gar nicht, späterhin nach und nach mit einigen Modificationen an; die deutschen Fürsten im J. 1701 mit der Clausel, daß der Ostervollmond nicht cyklisch, sondern jedesmal streng astronomisch berechnet werden sollte; England und Schweden 1752 u. s. w. Rußland und Griechenland haben ihn noch gar nicht (doch haben Polen und Finnland den Gregorianischen Kalender) oder doch nur neben dem Julianischen angenommen, so daß z. B. in allen wissenschaftlichen Beziehungen der Gregorianische, im gewöhnlichen Verkehre der Julianische gilt, und in ausländischen Correspondenzen und dergl. gewöhnlich beide Daten — die jetzt 12 Tage auseinander liegen — eines unter das andre gesetzt werden. Der Unterschied ist schon jetzt nicht unbedeutend in Bezug

auf die Jahreszeiten; Weihnachten, das im Gregorianiſchen Kalender da liegt, wo etwa der Anfang der ſtrengen Kälte ſich zeigt, fällt im Julianiſchen ziemlich in die Mitte derſelben; und die Beibehaltung des letztern vorausgeſetzt, wird dies Feſt nach einigen Jahrtauſenden in den Frühling rücken, und nach etwa 11,000 Jahren mit dem längſten Tage zuſammenfallen.

Auch der neue Kalender iſt nicht völlig fehlerfrei (eine Weglaſſung des Schaltjahrs nach je 128 Jahren würde ſo genau als möglich zutreffen), indeß wird der Fehler erſt in 3300 Jahren einen Tag betragen.

Tycho Brahe, dieſer Julianus Apoſtata des wahren Sonnenſyſtems, geb. 1546 zu Knudſtorp, iſt als derjenige Aſtronom zu bezeichnen, der der Beobachtungskunſt eine neue Geſtalt und den aſtronomiſchen Wahrnehmungen einen Grad von Genauigkeit gab, wie man ihn nie gekannt hatte. Eine 1560 der Vorausberechnung gemäß eingetroffene große Sonnenfinſterniß erregte in ihm das Verlangen, diejenige Wiſſenſchaft kennen zu lernen, welche ſo Außerordentliches leiſte. Aus der Jugendgeſchichte mehrerer namhaften Aſtronomen — wir nennen hier nur Tobias Mayer und Bode — iſt uns Aehnliches bekannt. Aber es ſollte dem hochſtrebenden Knaben nicht leicht werden, an ſein Ziel zu gelangen. Seine Verwandten hatten ihn für Jurisprudenz beſtimmt; heimlich und in beſtändiger Furcht, von ſeinem Hofmeiſter entdeckt zu werden, ſtudirte er die Sternbilder mit Hülfe eines nur handgroßen ſchlechten Globus, verglich den Lauf der Planeten mit den Alphonſiniſchen und Kopernikaniſchen Tafeln und dachte auf Mittel, ihre Fehler zu verbeſſern. Er war endlich dahin gelangt, ſtatt des Zirkels, deſſen Scheitelpunkt er auf's Auge legte und die Spitzen auf die Sterne richtete, ſich einen ſogenannten Radius astronomicus anzuſchaffen; die Theilung war fehlerhaft, allein ohne Mittel, zu einem beſſeren zu ge-

langen, unterſuchte er die Theilungsfehler einzeln und brachte ſie in Rechnung. In ſein Vaterland zurückgekehrt (Schonen gehörte damals zu Dänemark) ſah er ſich von ſeinen Verwandten verlacht und verachtet, nur ein Oheim, Sten Bille, erkannte ſein Talent, und da er ſelbſt die Wiſſenſchaften, insbeſondere die Chemie, liebte, ſo ward er Tycho's Beſchützer und Beförderer und gab ihm auf ſeinem Gute einen ruhigen Zufluchtsort. —

Am 11. Nov. 1572 bemerkte er plötzlich, nach ſeiner Sternwarte gehend, einen überaus glänzenden, neuen Stern im Bilde der Caſſiopeja. Wiewohl Erſcheinungen der Art zu den ſeltenſten gehören, ſo hat es doch auch in den früheren Zeiten nicht ganz an ihnen gefehlt; wohl aber fehlte ein Tycho, der ſie beobachtete und ihren Ort beſtimmte. So wiſſen wir nicht, ob die neuen Sterne von 945 und 1264 (nach Leovitius) mit dieſem identiſch waren, wohl aber wird man künftige Erſcheinungen der Art mit der von 1572 ſicher vergleichen können. Er veränderte ſeinen Ort gar nicht, obgleich er 1½ Jahr im vollen, ſelbſt die Venus überſtrahlenden Glanze und hernach noch mehrere Monate, wiewohl in abnehmendem Lichte, ſichtbar war; auch konnte Tycho keine Parallaxe entdecken. Die Fluth von Schriften die über ihn erſchienen, und alle nur irgend denkbare Meinungen von ihm darlegten, ſind vergeſſen; Tycho's Beobachtungen wird die Nachwelt benutzen. Um ruhiger beobachten zu können, wollte er ſich nach ſeines Oheims Tode in Baſel niederlaſſen. Der König von Dänemark, Friedrich II., aber erbot ſich, ihm auf der Inſel Hween eine Sternwarte und alles Nöthige einzurichten. Keine Koſten wurden geſpart, um die trefflichſten, — meiſt von Tycho ſelbſt erfundenen, oder nach ſeiner Angabe verbeſſerten — Inſtrumente anzuſchaffen; das palaſtähnliche Gebäude erhielt den Namen Uranienburg. Er erhielt Mitarbeiter zum Beobachten und Rechnen. Er be-

diente ſich der Uhren und ſann auf Mittel, ſie zu verbeſſern; gebrauchte ſie aber nur für Zwiſchenzeiten und nahm ſeine wahre Zeit vom Himmel. Die Strahlenbrechungen konnten bei ſeinen genaueren Beobachtungen nicht vernachläſſigt werden; er berechnet ſie gleichfalls. Zur Berichtigung ſeiner Inſtrumente beobachtete er die Circumpolarſterne. Er iſt der Erſte ſeit Hipparch, der eine Berichtigung ſämmtlicher Elemente unternahm und durchführte; er hat 777 Sterne mit Sorgfalt und einer mindeſtens ſechsmal ſo großen Genauigkeit als Hipparch beobachtet. Ihm verdanken wir eine vervollkommnete Mondtheorie, die ſorgfältige Beobachtung einer großen Zahl von Kometen, die nun nicht mehr bloße Lichterſcheinungen waren, da er bewies, daß ſie weit jenſeit des Mondes liefen.

Tycho war ein durchaus gerader und offener, ſeinen Werth fühlender, dabei etwas ſtreitſüchtiger Mann, zum Höfling und Schmeichler gänzlich verdorben. Vom Hofe gehaßt, vom Könige allein geehrt und beſchützt, ſah er ſich bald nach deſſen Tode nicht nur aller Unterſtützung beraubt, ſondern der Miniſter Walkendorp unterſagte ihm ſogar die Beobachtungen und chemiſchen Arbeiten: Uranienburg könne der großen Koſten wegen nicht ferner erhalten werden. Nachdem die Regierung ſo unzweideutig erklärt hatte, ſie ſei eines ſolchen Mannes länger nicht würdig, blieb ihm nur übrig zu fliehen. Rudolf II. nahm ihn in Prag mit offenen Armen auf und gründete ihm auf dem Hradſchin eine neue Warte, wo er mit Longomontan und Kepler zuſammen arbeitete. Doch nur kurze Zeit, denn ſchon 2 Jahre nachher ſtarb er am 24. Oct. 1601 mit dem Ausruf: „Ich habe nicht umſonſt gelebt!“

Wir hätten nun noch über das Tychoniſche Weltſyſtem zu ſprechen, denn bekanntlich hat er ein ſolches aufgeſtellt und iſt mit dem Kopernikaniſchen nicht zufrieden. Zwar

läßt er die Planeten, mit Ausnahme der Erde, um die Sonne in excentriſchen Kreiſen laufen, aber dieſe, begleitet von ſämmtlichen Planeten, um die Erde, und zwar in Schraubengängen, um ihre verſchiedene Höhe im Sommer und Winter zu erklären. Es iſt ſchwer zu entſcheiden, ob es ihm damit Ernſt war. Wenigſtens kommt er ſpäter nicht wieder darauf zurück und zeigt auch nicht, wie es mit dem Himmel übereinſtimme, und wie man hiernach die Berechnungen anzulegen habe. Auch macht er weniger aſtronomiſche als phyſiſche Gründe gegen Kopernikus geltend. Des vom Falle der Körper hergenommenen iſt ſchon im Vorigen gedacht worden. Ferner meint er, die Erde ſei eine zu grobe und ſchwere Maſſe, um wie ein Stern in den Lüften (!) herumgeführt werden zu können; man ſehe nicht ein, wozu die ungeheuern leeren Räume dienten, die zwiſchen Saturn und den Fixſternen ſein müßten. Er begriff ferner nicht, wie man die Fixſterne in ſo gewaltiger Ferne doch noch ſehen könne und endlich machen ihn die Kometen, deren Bewegung mit dem Kopernikaniſchen Syſtem nicht zu ſtimmen ſchien, daran irre. —

Tycho war auch ein berühmter Arzt, und zwar, wie Olbers gezeigt hat, Homöopath, wenigſtens in ſo fern, als er dem Grundſatze Similia similibus ſeine Berechtigung zugeſtand. Mit decillionfachen Verdünnungen und ähnlichen Dingen aber hatte ſein heller Geiſt nichts zu ſchaffen. —

Johannes Kepler, geboren am 27. Dec. 1571 zu Magſtatt in Würtemberg. Mäſtlin war ſein Lehrer in Mathematik und Aſtronomie, wiewohl er ſich anfangs der (lutheriſchen) Theologie gewidmet hatte. Aber ſeine milderen und toleranten Geſinnungen paßten ſchlecht zu dem zelotiſchen Eifer, den die damaligen Chorführer nicht nur ſelbſt zur Schau trugen, ſondern auch von jedem Andern verlangten; und ſo ergab er ſich der Aſtronomie erſt dann völlig, nachdem er ſich ſeine theologiſche Carriere verdorben hatte. Doch ſollte auch

die Himmelsforſchung ihm auf keinen grünen Zweig verhelfen.

„So hoch iſt noch kein Sterblicher geſtiegen,
Als Kepler ſtieg — und ſtarb in Hungersnoth.
Er wußte nur die Geiſter zu vergnügen,
Drum ließen ihn die Körper ohne Brot.
(Käſtner.)

Zeigt nun gleich das Verzeichniß der nach ſeinem Abſterben aufgenommenen Effecten und Baarſchaften (Breitſchwerts Leben Keplers S. 225), daß es mit dem Hungertode nicht ganz buchſtäblich zu nehmen ſei, ſo iſt doch gewiß, daß ihm die Welt mit ſchwerem Undank gelohnt, und er nicht nur mit Geldverlegenheit, ſondern auch mit Widerwärtigkeiten aller Art ſein ganzes Leben kämpfen mußte. Konnte er doch ſeine unglückliche, der Hexerei angeklagte alte Mutter nur mit äußerſter Mühe von der Folter retten!

Seine drei Geſetze ſind identiſch mit dem Geſetze der Schwere, und Newton (der übrigens bereitwillig Kepler ſeinen Lehrer genannt hat) faßte ſie nur unter Ein höheres Geſetz zuſammen und zeigte ſeine Allgemeinheit; denn Kepler hatte die ſeinigen nur auf das Planetenſyſtem bezogen. Aus Tycho's und ſeinen eignen Beobachtungen des Planeten Mars leitete er das erſte, die elliptiſche Form der Bahnen, ab. Unzählige Verſuche mit andern künſtlichen Curven waren dem glücklichen Funde vorhergegangen. Nicht anders war es mit dem zweiten Geſetze, dem conſtanten Verhältniſſe zwiſchen dem Quadrate der Umlaufszeiten und dem Cubus der Entfernungen. Erſt nachdem er lange Jahre hindurch die verwickeltſten Combinationen verſucht hatte, kam er auf dieſe ſo einfache. Das dritte, die gleichen Flächenräume, die der veränderliche Halbmeſſer (Radius Vector) der Planetenbahnen in gleichen Zeiten zurücklegt, hat Veranlaſſung zu dem berühmten Keplerſchen Probleme (Auffindung des wah-

ren Orts aus der gegebenen Zeit) gegeben, das er selbst für unlöslich hielt und das auch in der That noch keine eigentlich directe Lösung gefunden hat. Während er — unter Stürmen und Entbehrungen jeglicher Art — beschäftigt war, diese drei ewigen Grundpfeiler der Astronomie zu erreichen, mußte er erleben, daß sein eigner College (der Astronom Longomontan) die Anklage gegen ihn richtete, er verschwende die Zeit, die er auf Verbesserung der Planetentafeln wenden solle, mit unnützen Speculationen, und Tycho's Erben verweigerten unter ähnlichen Vorwänden ihm die Beobachtungen ihres Vaters mitzutheilen. Ein Astronom also verlangt von ihm, er solle die Pferde hinter den Wagen spannen und Tafeln ausarbeiten, bevor ihre Grundlage festgestellt ist! Die erwähnten (Rudolphinischen) Tafeln erklärt Laplace für ein bleibendes Denkmal deutschen Fleißes und Scharfsinnes und als die ersten auf eine richtige Theorie basirten. Sie haben, auch nachdem die Beobachtungskunst weit größere Fortschritte gemacht hatte, noch immer zur Vergleichung gedient.

Kepler starb 1630 zu Regensburg, wohin er gereist war, um endlich die Auszahlung seines schon seit längeren Jahren rückständigen Gehaltes zu erlangen, und sein schmuckloses Grab, mit der von ihm selbst verfaßten Inschrift:

„Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras,
Mens coelestis erat, corporis umbra jacet."

verfiel schon zwei Jahre darauf bei der Erstürmung Regensburgs gänzlich. Nur mit größter Mühe ward die Stelle wiedergefunden, als Carl v. Dalberg ihm 1808 ein schönes Monument errichtete. Sein Brustbild steht auf einem Altare eines 30 Fuß hohen dorischen Tempels, auf dessen Kuppel der Zodiacus prangt. Ein Basrelief zeigt Keplers Genius, wie er den Schleier vom Haupte der Urania hinwegzieht. —

Kepler erlebte noch die Anwendung des neu erfundenen Fernglaſes, konnte jedoch für ſeine hauptſächlichſten Arbeiten davon wenig Gebrauch machen, da erſt Hook es an die Quadranten und andern Meßwerkzeuge anbrachte. Wie ſehr ihn indeß die Erfindung beſchäftigte, zeigen ſeine zahlreichen Arbeiten über Optik, die zu den wichtigſten jener Zeit gehören. Die 1609 in Holland gemachte Erfindung verbreitete ſich raſch im ganzen gebildeten Europa, und die wichtigſten Entdeckungen am Himmel folgten nun natürlich raſch aufeinander. Kein Jahrzehend verfloß und man konnte die 4 Jupiterstrabanten, die runde Geſtalt der Planeten, die Flecken der Sonne, die Ringgebirge des Mondes, die Sichelgeſtalt des Mercur und der Venus, die teleſkopiſchen Sterne der Plejaden u. ſ. w. deutlich erblicken: lauter Dinge, von denen in keinem alten Schriftſteller die geringſte Andeutung vorkommt, wogegen man Alles, was ein ſcharfes, unbewaffnetes Auge am Himmel wahrnehmen kann, ſorgfältig beachtet hatte. Einen Beweis liefern die fünf neblichten Sterne des Hipparchiſchen Verzeichniſſes, deren einige wohl die äußerſte Grenze der noch ohne Fernrohr zu entdeckenden Gegenſtände bezeichnen; wogegen z. B. die Jupiterstrabanten nicht allein im allerſchwächſten Fernrohre ſichtbar ſind, ſondern von einigen, beſonders ſcharfſichtigen Perſonen, die freilich um ihre Exiſtenz ſchon im Allgemeinen wußten, ohne Fernrohr an ihrem richtigen Orte erkannt wurden. Die Erfindung des Zacharias Janſen (oder Joh. Laprey?) zu Middelburg iſt alſo eine im vollſten Sinne des Worts neue und zum erſten Male auf dieſer Erde gemachte.

Einer der Erſten, die das Fernrohr vervollkommneten, war Galiläi (geb. 1564 zu Piſa), der größte Naturforſcher ſeiner Zeit. Seine erſte große (freilich erſt ſpäter für die Aſtronomie wichtig gewordene) Entdeckung war das Geſetz der Pendelſchwingungen und des freien Falles der

Körper. Die Schwingungsdauer verhält ſich direct wie die Quadratwurzel aus der Länge des Pendels, und die halbe Länge eines Secundenpendels verhält ſich zur Länge des Raumes, durch den ein Körper in der erſten Secunde fällt, wie das Quadrat des Durchmeſſers zum Quadrat der Peripherie. Er zeigte ferner, daß die Schwere der Körper keinen Einfluß auf die Geſetze des Falles, ſondern nur auf den Widerſtand der Luft habe. Schon dies regte Neid und Verfolgung gegen ihn auf. Als er nun aber gar 1611 in ſeinem Werke über die Sonnenflecken ſich für das Kopernikaniſche Syſtem erklärte, brach der Sturm los. Mönche predigten auf öffentlicher Kanzel gegen den Ketzer, und einer derſelben glaubte wahrſcheinlich recht witzig zu ſein, indem er die Stelle: Viri Galiläi, quid statis adspicientes in coelum (Act. Apost. I, 11.) zum Text ſeiner Diatribe nahm. Zwar bewirkte die Gunſt des Großherzogs Cosmus II. und die perſönliche Freundſchaft des Papſtes, daß man gegen das Verſprechen, das Kopernikaniſche Syſtem weder mündlich noch ſchriftlich wieder zu behaupten, für diesmal die Anklage fallen ließ. Wirklich ſchwieg er darüber bis 1630, wo er einen Dialog verfaßte, in welchem er drei Perſonen einführt, eine für das Ptolemäiſche, die andre für das Kopernikaniſche Syſtem ſprechend, und die dritte Beider Gründe abwägend, doch ſo, daß keine Art von Entſcheidung herauskommt. Man muß die Vorſicht bewundern, mit der er verfährt, und wirklich erlangt er, in Rom und Florenz ſich perſönlich darum bewerbend, an beiden Orten das Imprimatur. Nachdem er ſich ganz geſichert glaubte, ließ er es 1632 erſcheinen. Er hatte ſich geirrt: die Jeſuiten ließen nicht ab, bis ſie einen Verhaftsbefehl „wegen Ungehorſams gegen die päpſtlichen Befehle“ (der Ungehorſam eines Petrus und Johannes, Apoſtelg. 4, 19.) erwirkt und ihn in den Inquiſitionskerker geworfen hatten. Halb erblindet

und unheilbar erkrankt, ging der siebzigjährige Greis daraus hervor, mußte seine Irrthümer, vor Allem das gottverfluchte ketzerische Kopernikanische System, knieend abschwören, während (wie Lichtenberg sagt) die Erde mit ihm und seinen Richtern in ihrer Bahn dahin rollte, und ward endlich mit Verbannung nach Arcetri „begnadigt".

Galiläi war unermüdlicher Beobachter, und viele seiner Entdeckungen sind nur in vertrauten Briefen an Freunde erhalten worden, worüber man sich nach dem so eben Angeführten nicht zu wundern hat. Er schlug zuerst die Trabanten Jupiters zu Längenbestimmungen vor. Er hat drei Kometen beobachtet und über sie geschrieben; er hat noch 1637 mit dem letzten Reste seines Augenlichtes entdeckt, daß der Mond uns nicht ganz genau stets dieselbe Seite zuwende (die Libration des Mondes) und die Gesetze dieser Schwankung untersucht. Schon völlig blind, ruhte sein rastloser Geist nicht; er untersuchte bald diesen bald jenen Gegenstand und konnte vor seinen Problemen nicht schlafen. Er starb 1642, 99 Jahre nach Kopernikus.

Wie Mercier in seinem oben angeführten Werke nach solchen Vorgängen behaupten konnte, das Kopernikanische System habe ohne Kampf gesiegt, ist schwer zu begreifen. Aber es thut allerdings wohl, von jener Zeit an die immer zunehmende Ohnmacht der Feinde des Lichtes wahrzunehmen, und so möge denn dies das letzte Wort sein, was hier über sie gesagt wird. — Fortan fließt das Leben der Naturforscher allgemach ruhiger und gleichmäßiger dahin; es giebt kein wissenschaftliches Märtyrerthum mehr zu erwerben, und selbst die französische Revolution macht nur scheinbar eine Ausnahme; denn nicht der Chemiker Lavoisier, sondern der Finanzpächter Lavoisier ward zur Guillotine verurtheilt; das Unglück wollte nur, daß Beiden zusammen derselbe Kopf gehörte. Die Lebensgeschichte der Astronomen

bietet keine dramatiſch ergreifenden Scenen mehr dar: ſie beſteht weſentlich aus ihren Arbeiten und Entdeckungen; und ihre Kämpfe, wenn ſich deren ereignen, führen ſie unter ſich ſelbſt und auf wiſſenſchaftlichem Gebiete durch.

Die erſten Verſuche, die Mondoberfläche darzuſtellen, fallen ſchon in das Zeitalter Galiläi's; er ſelbſt, Scheiner, Rheita, Hirſchgarter, Langrenus verſuchten ſich darin ohne rechten Erfolg. Hevel in Danzig iſt der Erſte, der 1643 ein Mondbild zu Stande brachte und ein weitläufiges Werk darüber ſchrieb. Riccioli, der Verfaſſer eines neuen Almageſt, gab wenige Jahre ſpäter eine von Grimaldi gezeichnete Mondkarte heraus, die aber der Hevel'ſchen nachſtand. Beide forſchten auch über die Libration, doch ohne das Geſetz derſelben zu entdecken.

In die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts fällt die Entdeckung der Geſchwindigkeit des Lichts (durch die Verfinſterung der Jupiterstrabanten, die ſich deſto mehr verzögerte, je weiter Jupiter von der Erde ſtand) von Olaus Römer, die Wahrnehmung und Erklärung des Unterſchiedes der Pendellängen (durch Richer, der dieſelbe Pendeluhr in Paris und Cayenne beobachtete, an welchem letzteren Orte ſie täglich $2^1/_8$ Minuten zu langſam ging); die wichtigen Arbeiten des ältern Caſſini (Hofaſtronom Ludwig XIV.), der mit ſeinen ungeheuer langen Ferngläſern (bis über 200 Fuß) hauptſächlich die Planetenoberflächen unterſuchte, ihre Flecke, ihre Rotationszeit, ihre Trabanten, ihre Abplattung u. ſ. w. beſtimmte, auch die genaue Form des Librationsgeſetzes entdeckte und überhaupt der thätigſte Aſtronom ſeiner Zeit war. Ferner die Entdeckung der wahren Geſtalt des Saturnringes und des erſten (jetzt ſechſten.) Saturntrabanten durch Huygens (der noch größere Verdienſte um Mechanik, Optik und andere Wiſſenſchaften hat und der wahre Erfinder der Pendeluhr iſt); die Er-

forſchung der wahren Geſtalt der Kometenbahnen (faſt gleichzeitig durch Dörfel und den Herzog von Northumberland); endlich die größte aller phyſiſchen Entdeckungen, das Newton'ſche Gravitationsgeſetz. —

Iſaak Newton, geboren im Sterbejahre Galiläi's, ſoll bereits 1666, als er Cambridge der Peſt wegen auf einige Zeit verlaſſen hatte und auf dem Lande lebte, durch einen fallenden Apfel auf die erſte Idee ſeines Geſetzes gekommen ſein. Die Legende mag auf ſich beruhen; wahrſcheinlich iſt es, daß die Ideen ſeiner Landsleute Hook und Barrow ihn einigermaßen auf die Spur brachten: überdieß waren ja Keplers Geſetze vorhanden, und Newton ſelbſt hat Kepler ſeinen Lehrer genannt. — Jeder Körper übt auf jeden andern Körper eine anziehende Kraft aus, deren Quantität (v) ſich verhält direct wie die Maſſe des anziehenden Körpers (m) und umgekehrt wie das Quadrat ſeines Abſtandes vom angezogenen (d) alſo $v = \frac{m}{d^2}$. Die geſammte theoretiſche Aſtronomie hat keinen Satz, der nicht in dieſen drei Buchſtaben enthalten wäre; allein gerade dieſe beiſpiellos daſtehende Einfachheit und Allgemeinheit ſtellt die Erfindung ſo hoch. Newton machte von dieſem Geſetze, mit Hülfe der gleichfalls von ihm (und gleichzeitig von Leibnitz) erfundenen Differenzialrechnung ſofort Anwendung auf die Planeten-, Kometen- und Mondenbahnen, zeigte, daß jeder Weltkörper ſich in einem der drei Kegelſchnitte: Ellipſe, Parabel oder Hyperbel bewegen müſſe (der Kreis iſt nur ein beſonderer Fall der Ellipſe), und daß der Hauptkörper ſtets im Brennpunkte dieſes Syſtems ſtehe; entwickelte die Störungen, welche die Körper gegenſeitig auf einander ausüben und die hieraus folgende Veränderlichkeit der Elemente; beſtimmte die Maſſen der Körper u. ſ. w., kurz er machte eigentlich alle Entdeckungen

der theoretiſchen Aſtronomie auf Einmal, und ſeinen Nachfolgern blieb nur übrig, das in allen weſentlichen Theilen feſtgegründete Gebäude im Einzelnen weiter auszuführen. Ein wirklich neues Syſtem, welches das Newton'ſche beſeitigte, kann es nicht geben, und die Aſtronomie iſt, was ihre theoretiſche Grundlage betrifft, wirklich an's Ziel gelangt. Seine Pendelverſuche, ſeine Theorie des Lichts, ſeine Verbeſſerung der Teleſkope ſind gleichfalls Arbeiten, die von größter Wichtigkeit für die Himmelskunde ſind. Er war nicht ſelbſt Beobachter, aber Zeitgenoſſe des erſten großen britiſchen Aſtronomen, Flamſteed. Leider hat die Geſchichte eine traurige Entzweiung beider ſo hoch verdienter Männer zu berichten; die von Letzterem, nach Newtons Meinung, zu lange verzögerte Herausgabe des British Catalogue, eines neuen, auf eigne Beobachtungen gegründeten Sternenverzeichniſſes, gab Anlaß dazu.

Die Obſervatorien Greenwich und Paris wurden um dieſe Zeit gegründet, und ihre großartige Ausrüſtung und regelmäßige Thätigkeit ließ Alles, was ſonſt in Europa für praktiſche Aſtronomie geſchah, weit hinter ſich zurück. Erſt um die Mitte des 18. Jahrhunderts fing man allmählig auch an andern Orten an, zweckmäßige Sternwarten einzurichten. Dagegen beginnt mit Flamſteed in England und mit den Caſſini's in Frankreich eine ununterbrochene Reihe thätiger Aſtronomen, unter denen mehrere die Beobachtungskunſt bedeutend förderten, vor Allen der Brite Bradley, der größte praktiſche Aſtronom des 18. Jahrhunderts. Er entdeckte die Nutation, d. h. die von der Anziehung des Monds (und der Sonne) herrührende kleine Schwankung der Erdaxe, und die Aberration, deren wir bereits oben gedacht haben: zwei wichtige Entdeckungen, die er eben ſo ſehr der Genauigkeit ſeiner Beobachtungen als ſeinem Scharfſinne verdankte, welcher ihn die richtige Erklä-

rung der wahrgenommenen Abweichung finden ließ. In Frankreich ist Messier der ausgezeichnetste Astronom dieser Zeit; seiner unermüdeten Thätigkeit und Geschicklichkeit verdanken wir die Auffindung von nicht weniger als 19 Kometen. —

Die Erfindung der achromatischen Ferngläser durch Dollond (der theoretische Erfinder ist Euler) eröffnete eine neue Epoche für beobachtende Astronomie, und die so höchst unbequemen langen Fernröhre konnten nun ganz bei Seite gelegt werden, denn ein Dollond'sches Achromat von 10 Fuß Länge übertraf an optischer Kraft die alten von einigen 100 Fuß Brennweite. Von fast noch größerer Wichtigkeit waren die Vervollkommnungen der Spiegelteleskope durch Herschel. Aber nicht blos der optische, auch der mechanische Theil der Instrumente ward vervollkommnet und zugleich vereinfacht: man kam zu der Ueberzeugung, daß es nur weniger Arten von Instrumenten bedürfte, und sie nach ihrem Gebrauche und ihrer Einrichtung in zwei Klassen zerfielen: in solche, die nur in einem bestimmten Vertical (wenigstens dem Meridian) beweglich, und solche, die es nach allen Richtungen hin sind. Mit ersteren bearbeitete man die großen Sternverzeichnisse und darauf gegründeten Sternkarten, die nun nicht mehr auf die mit bloßen Augen sichtbaren sich beschränkten, sondern auch viel geringere Größen mitnahmen, so daß jetzt die Zahl der beobachteten und nach gerader Aufsteigung und Abweichung bestimmten Sterne schon auf 150,000 steigt. Am thätigsten in diesem Zweige waren Maskelyne in Greenwich, die beiden Lalande in Paris und Piazzi in Palermo. Die so berühmt gewordenen Arbeiten Herschels gehören nicht in diese Klasse. Seine Teleskope dienten nicht zur Beobachtung des Orts, sondern zur Betrachtung der Himmelskörper selbst. Sie können insofern als eine Fortsetzung der Cassini'schen angesehen werden,

nur mit dem Unterſchiede, daß ſie unvergleichbar genauer ſind, und Vieles betreffen, was Caſſini noch nicht ahnte. So entdeckte Herſchel zu den 5 Caſſini'ſchen Monden Saturns noch zwei, ſah die Theilung des Ringes, beſtimmte ſeine und des Planeten Umdrehungszeit, entdeckte den Uranus und mehrere ſeiner Monde u. ſ. w. Doch noch wichtiger ſind ſeine den Fixſternhimmel betreffenden Arbeiten. Er fand gegen 700 Doppelſterne, maß ſie nach ihrem gegenſeitigen Abſtands- und Richtungswinkel und beſtimmte ihre Farben. Er fand 2500 Nebelflecke (man hatte bis dahin nur etwa 20 gekannt, und dieſe Zahl war einige Jahre vor Herſchel durch Meſſiers Beobachtungen auf 102 geſtiegen), löſte die Milchſtraße und mehrere Nebelflecke in Sterne auf, unterſuchte die Zahl und Vertheilung der ſichtbaren Fixſterne — kurz er iſt der Erſte, der in die bis dahin unerforſchten Tiefen des Fixſternhimmels eindrang. Er verfertigte ſeine Teleſkope ſelbſt: das größte war ein 40füßiges Rohr von 60,000 Pfund Schwere und einem Metallſpiegel von 3000 Pfund; es blieb 10 Jahre lang brauchbar. — Gegen Ende des Jahrhunderts hatte faſt jedes europäiſche Land ſchon wohlverſehene Sternwarten, größtentheils von den Regierungen errichtet und unterhalten. Auch außer Europa waren theils temporäre — z. B. die zu der Beobachtung der Venusdurchgänge 1761 und 1769 an möglichſt entlegenen Orten der Erde errichteten — theils feſte Sternwarten gegründet worden. Doch auch Privatperſonen wetteiferten mit den öffentlichen Inſtituten, wie der fleißige Mondbeobachter Schröter in Lilienthal und Olbers in Bremen, der in dieſem und dem Anfange des folgenden Jahrhunderts die wichtigſten Entdeckungen machte. —

Für theoretiſche Aſtronomie waren vorzüglich Franzoſen und Deutſche thätig. Clairaut hatte zuerſt die ungeheure Arbeit unternommen, die Wiederkehr eines Kometen voraus

zu berechnen, durch Halley's glückliche Conjecturen darauf aufmerkſam gemacht. Die früher noch nie gewagte Vorherſagung traf (bis auf einen Monat) glücklich ein. Euler, Lagrange und Laplace verfeinerten die Analyſis und machten ſie zur Löſung der ſchwierigſten und verwickeltſten Probleme geſchickt.

Die erſte Nacht des 19. Jahrhunderts iſt durch die Entdeckung eines neuen Planeten bezeichnet: Piazzi in Palermo fand am 1. Jan. 1801 die Ceres, und dieſem wichtigen Funde folgten ziemlich raſch drei andere, die Juno von Harding, und die Pallas und Veſta von Olbers entdeckt, die letztere am 29. März 1807. Auch die Wiederauffindung der Ceres, die bis dahin nur der erſte Entdecker ordentlich beobachtet hatte und die $^3/_4$ Jahr lang nicht aufzufinden war, verdanken wir Olbers. Aber den größten Aufſchwung nahm die Aſtronomie, wie die Naturwiſſenſchaften überhaupt, ſeit dem Ende der Napoleoniſchen Kriege; denn von allen Seiten ward ihr nun Beförderung und Unterſtützung. Die Inſtrumente, ihre Theilung und Aufſtellung, erlangten eine nie gekannte, ja früher nicht für möglich gehaltene Genauigkeit; die Beobachtungskunſt ward bis in die feinſten Einzelnheiten bearbeitet und hat eine hohe Vollendung erreicht. Die optiſche Kraft der Fernröhre und die Bequemlichkeit und Sicherheit ihres Gebrauchs gewann ungemein durch Fraunhofers theoretiſche und praktiſche Arbeiten, und die Künſtler andrer Länder wetteiferten mit ihm nicht ohne Glück. Die Zahl der Sternwarten, mehr noch die Zweckmäßigkeit ihrer Anlage, Einrichtung und Ausrüſtung iſt bedeutend größer als noch vor einem Menſchenalter. Alle geſitteten Staaten haben es ſich zur Aufgabe geſetzt, dieſen ſo wichtigen Zweig der Naturforſchung durch großartige und reichlich dodirte Inſtitute zu befördern. Welche Früchte ſie getragen haben, welche die nächſte Zukunft ſich von ihnen

verſprechen darf — dies eignet ſich weniger zu einer fortlaufenden hiſtoriſchen Darſtellung. Die nachſtehenden Briefe werden daher einen andern Weg der Betrachtung einſchlagen.

V.

Die kosmiſchen Bewegungen im Allgemeinen.

Alles im Univerſum iſt in fortwährender Bewegung, und da auch unſer eigner Standpunkt davon keine Ausnahme macht, ſo vereinigen ſich ſtets in Beziehung auf den letzteren zwei Bewegungen, eine ſcheinbare (von der Veränderung unſres Standpunktes herrührende) und eine wirkliche oder eigne des beobachteten Körpers. Die früheren Syſteme, welche keine Veränderung des Beobachtungsortes annahmen, konnten zu dieſer Unterſcheidung nicht gelangen und waren eben deshalb unfähig, die wahren Bewegungen geſondert darzuſtellen. Gegenwärtig iſt es eine Hauptaufgabe des Berechners, beide zu trennen und dadurch zur wahren zu gelangen; des Beobachters Geſchäft kann dies nicht ſein. —

Der beobachtete Ort eines Gegenſtandes erhält alſo nur dadurch Werth, daß die Zeit der Wahrnehmung mit Sicherheit bekannt iſt, und zwar müſſen wir letztere um ſo genauer kennen, je raſcher für unſern Anblick die Bewegung vor ſich geht. Genaue Zeitbeſtimmung iſt demnach das allen übrigen zu Grunde liegende Hauptgeſchäft des Beobachters.

Wir meſſen aber die Zeit ſelbſt durch künſtliche oder natürliche Bewegungen, und ſo genau auch immer die erſteren bei unſern beſten Werkzeugen ſein mögen, ſo ſtehen ſie doch an Gleichförmigkeit einer gleichſam abſolut genauen natürlichen, der Rotationsbewegung unſerer Erde, nach. Wir nehmen dieſe aber nur an der täglichen ſcheinbaren Bewegung der Geſtirne wahr, und ſo bietet uns der Himmel ſelbſt die Zeitbeſtimmung und Zeiteintheilung, die wir für unſere Himmelsbeobachtungen gebrauchen. —

Die Umdrehung der Erde um ihre Axe giebt uns den Tag, der Umlauf um die Sonne das Jahr. Doch iſt ſowohl der gewöhnliche Tag von einer Mitternacht zur andern, als auch das gewöhnliche Jahr von dem ſo eben aufgeſtellten Begriffe etwas verſchieden, wie wir weiter unten ſehen werden. Von der üblichen Eintheilung des Jahrs in Monate kann der Aſtronom nur in ſo fern Gebrauch machen, als ſie ihm zur Bezeichnung des Datums wie im gemeinen Leben dient; zum eigentlichen Zeitmaße ſind ſie, ihrer unvermeidlichen Ungleichheit wegen, nicht geeignet. Die übliche Eintheilung des Tages in 24 Stunden à 60 Min. à 60 Sec. iſt auch in der Aſtronomie gültig; die Secunde theilt man weiter in Decimaltheile. Den Tag fängt der Aſtronom vom Mittag an, um die Nacht unzertrennt zu benennen, und zählt die Stunden von 0 bis 24 durch. Der 8. Juli um 7 Uhr Morgens würde alſo aſtronomiſch bezeichnet werden als 7. Juli 19 Uhr.

Indem wir die Zeit durch einfache oder zuſammengeſetzte, gleichförmige oder ungleichförmige Bewegung meſſen, werden wir auch verſchiedene Maße derſelben erhalten. Die Zuſammenſetzung zweier Bewegungen wird ein Zeitmaß verlängern, wenn beide in gleicher Richtung, und verkürzen, wenn beide in entgegengeſetz-

ter Richtung vor ſich gehen. Man denke ſich zwei Perſonen hinter einander hergehend oder einander entgegen gehend, und es iſt klar, daß erſteres das Zuſammenkommen verzögert, letzteres beſchleunigt, und gehen beide im Kreiſe, ſo werden ſie im erſteren Falle nach längerer, im zweiten Falle nach kürzerer Zeit wieder zuſamenen kommen, als wenn einer allein ſich bewegte. Hieraus wird das Folgende ſich leicht erklären.

Der Sterntag wird durch die einfache Bewegung der Erde um ihre Axe gemeſſen; alle Sterntage ſind einander gleich.

Der Sonnentag entſteht durch Zuſammenſetzung zweier in gleicher Richtung erfolgenden Bewegungen, der Erde um ihre Axe und der Erde um die Sonne. Er iſt alſo länger als der Sterntag, und zugleich (da die zweite Bewegung ungleichförmig iſt und auch nicht ganz in der Richtung der erſteren erfolgt) ſind nicht alle Sonnentage völlig gleich; doch iſt dieſer Unterſchied ſehr gering und geht für einen einzelnen Tag nicht über ½ Minute. Nimmt man die Sonnentage ſo ungleich, wie ſie in der Natur ſind, ſo hat man wahre Sonnenzeit; gleicht man ſie nach einem mittleren Durchſchnitte untereinander aus, ſo hat man mittlere Sonnenzeit. Erſtere zeigen die Sonnenuhren, letztere die künſtlichen Uhren, die für unſere gewöhnlichen Geſchäfte eingerichtet ſind: nach Sternzeit läßt man nur aſtronomiſche Uhren gehen, da ſie nur für den Himmelsbeobachter von Wichtigkeit iſt. —

In ähnlicher Art iſt das ſideriſche Jahr die einfache Umlaufszeit der Erde um die Sonne; das tropiſche Jahr zuſammengeſetzt aus zweien Bewegungen, dieſer Umlaufszeit und der in entgegengeſetzter Richtung erfolgenden Bewegung des Durchſchnittspunktes des Aequators auf der Ekliptik. Es iſt folglich kürzer, als das ſideriſche, und da nach ihm

die Jahreszeiten ſich richten, ſo iſt es das, was wir im bürgerlichen Leben Jahr nennen; das ſideriſche Jahr kommt gleichfalls nur in den Berechnungen des Aſtronomen vor.

Die einfache Bewegung des Mondes um die Erde (eine ungleiche) giebt in mittlerer Ausgleichung den periodiſchen Mondmonat, die Zuſammenſetzung dieſer Bewegung mit der im gleichen Sinne erfolgenden der Erde den ſynodiſchen, den Monat in ſeiner urſprünglichen Bedeutung. Mit der (entgegengeſetzten) Bewegung der Mondknoten zuſammengeſetzt, wird aus dem einfachen Mondsumlaufe der (kürzere) draconitiſche, mit der (in gleichem Sinne erfolgenden) Bewegung der Erdferne des Mondes erhält man den anomaliſtiſchen.

Auch bei den Umläufen der Planeten findet Aehnliches ſtatt. Ihre wirkliche einfache Bewegung um die Sonne giebt den ſideriſchen Umlauf; die Zuſammenſetzung ihrer Bewegung mit der der Erde giebt den ſynodiſchen Umlauf. Da dieſe beiden Bewegungen in gleichem Sinne erfolgen, ſo ſind die ſynodiſchen Umläufe jedenfalls länger als der kürzere der beiden einfachen, die dabei concurriren; und in zwei Fällen (Venus und Mars) ſogar länger als der längere von ihnen *).

*) Man erhält die ſynodiſche Umlaufszeit, wenn man die beiden periodiſchen, welche dabei concurriren, mit einander multiplicirt und das Product durch die Differenz beider dividirt, wobei es ſich von ſelbſt verſteht, daß die Umlaufszeiten auf die gleiche Zeiteinheit bezogen werden müſſen. Oder wenn S, P und p den ſynodiſchen und die beiden periodiſchen Umläufe bezeichnen, ſo hat man die Proportion — (P — p) : p = P : S. — Erfolgen dagegen die beiden periodiſchen Umläufe in entgegengeſetzter Richtung, ſo wird man die Proportion (P + p) : p = P : S haben, und folglich ſtatt mit der Differenz, mit der Summe der beiden periodiſchen Umläufe dividiren müſſe.

Es ist nun klar, daß die Wiederkehr gewisser Erscheinungen und Zustände für die Erdbewohner sich immer nach den zusammengesetzten Perioden richtet: der Durchgang der Sonne durch den Meridian nach dem wahren Sonnentage; die Phasen des Mondes nach dem synodischen Monat; die Phasen, Oppositionen und Conjunctionen der Planeten nach ihrem synodischen Umlauf. — Wir haben hier nur die hauptsächlichsten und am häufigsten gebrauchten der einfachen und zusammengesetzten Perioden betrachtet; bei den schärferen Berechnungen muß noch manche sonst unmerkliche Bewegung in Betracht gezogen werden. Mit der Kenntniß dieser Perioden, und zwar ausschließlich auf dem Wege der Erfahrung, begann die Himmelsforschung, mit ihrer immer schärferen Bestimmung und Berichtigung wird sie sich stets beschäftigen. Wir kennen keine Bewegung, die wir entschieden als eine nicht periodische bezeichnen könnten, wiewohl einige dieser Perioden so ungeheuer lang sind, daß ihre Dauer entweder nur auf theoretischem Wege oder auch gar nicht bestimmbar ist. Die eignen Bewegungen bei den Fixsternen z. B. beziehen sich gewiß größtentheils auf Perioden von Millionen Jahren, und diesem Umstande ist selbst der Name Fixstern zuzuschreiben, den die heutigen Astronomen zwar beibehalten haben, aber nicht gewählt haben würden, da wir eigentlich feststehende Körper gar nicht kennen.

Wenn nun gleich der Himmel selbst, wie wir gesehen haben, die wahre und eigentliche Uhr des Astronomen ausmacht, so würde doch der gänzliche Mangel künstlicher Uhren seinen Arbeiten ungemein hinderlich sein. Tycho und seine Zeitgenossen mußten deshalb zu überaus beschwerlichen Methoden ihre Zuflucht nehmen und Arbeiten vom Umfange der heutigen, — ganz abgesehen von ihrer weit größeren Genauigkeit — wären in jener Zeit unmöglich gewesen. Die künstliche Uhr des Astronomen muß einen möglichst gleichförmi-

gen Gang zeigen, und dieſer Gang von Zeit zu Zeit, am beſten täglich, ſoweit die Witterung es zuläßt, durch Himmelsbeobachtungen unterſucht werden. Unter dieſer Vorausſetzung hat man bei allen übrigen Beobachtungen nur nöthig, den Stand der Uhr zu notiren. Ein zweites Erforderniß iſt die genaue Theilung und richtige Aufſtellung der Meßinſtrumente; und auch hier iſt es wieder hauptſächlich der Himmel ſelbſt, der zu ihrer Prüfung und Berichtigung dient, wiewohl auch andre Mittel ihre Anwendung finden. Wie von dem Gange ſeiner Uhr, ſo muß auch von der Stellung ſeines Inſtruments und der einzelnen Theile deſſelben der Aſtronom ſich fortwährend genaue Rechenſchaft geben können. Er muß zu dieſem Behuf z. B. eine und dieſelbe Beſtimmung auf mehrfache Weiſe zu erhalten ſuchen, insbeſondere eine ſolche Anordnung der Beobachtungen treffen, daß der Fehler des Inſtruments, wenn ein ſolcher vorhanden, ſich in zwei zuſammengehörenden Beobachtungen auf entgegengeſetzte Weiſe äußern und demnach aufheben muß. Namentlich erfordert die genau ſenkrechte oder wagerechte Stellung gewiſſer Theile des Inſtruments eine ſorgfältige und fortgeſetzte Unterſuchung. Früher diente hierzu das an einem Faden aufgehängte Loth; jetzt wendet man meiſtens die Niveau's an. In einer mit Aether gefüllten Glasröhre befindet ſich eine kleine Luftblaſe, die ſich genau über der Mitte ſtellt, wenn die Röhre wagerecht liegt. Zu ähnlichem Zwecke dient der künſtliche Horizont, eine ruhige Fläche von Queckſilber, in welchem ſich die Himmelskörper ſpiegeln, ſo daß man ſowohl dieſe ſelbſt, als auch ihr Spiegelbild beobachten kann. Endlich müſſen diejenigen äußeren Umſtände, die weder im Inſtrument ihren Grund haben, noch ſonſt in der Gewalt des Beobachters ſind, aber auf die Wahrnehmung einen Einfluß ausüben, in Betracht gezogen werden. Der wichtigſte iſt die Strahlenbrechung, wodurch der Lichtſtrahl von ſeinem

urſprünglichen Wege abgelenkt wird. Um ſie unter allen Umſtänden genau zu kennen, muß der Aſtronom auch die meteorologiſchen Inſtrumente, namentlich Thermometer und Barometer, beobachten; weshalb auf vielen Sternwarten nicht allein dieſe Inſtrumente ſondern auch die übrigen meteorologiſchen Phänomene regelmäßig berückſichtigt werden. — Dies mag einigermaßen dazu dienen, ſich eine allgemeine Vorſtellung über die äußeren Requiſite des beobachtenden Aſtronomen zu bilden; das Nähere darüber wird der folgende Brief enthalten.

VI.

Die Sternwarten und ihre Inſtrumente.

Wer die Himmelskörper nicht meſſen und beſtimmen, ſondern blos betrachten will, kann dies allerdings, bis zu einem gewiſſen Punkte wenigſtens, auch ohne eigentliche Sternwarte, er bedarf nur eines hinreichend vergrößernden Fernrohrs. Der Hauptzweck feſter Sternwarten iſt aber ein ganz andrer, und wenn gleich die verſchiedenen Meßinſtrumente des Aſtronomen jetzt faſt ſämmtlich mit Fernröhren verbunden ſind, ſo haben ſie gleichwohl noch weſentlichere Theile, die vor Erfindung des Fernglaſes und auch noch eine geraume Zeit nachher die einzigen waren. Die Armillarſphären der Alexandriner, die großen Quadranten der Araber, das Triquetrum und der Radius astronomicus waren Werkzeuge, durch welche die Oerter der Himmelskörper beſtimmt wurden, ohne daß man ſich dabei irgend eines Glaſes bediente. Nur

in ſo fern die Genauigkeit des Meſſens von der Schärfe des Sehens mit abhängig iſt, kann das Fernrohr dazu beitragen; für ſich allein und ohne Meßapparat würde auch das größte zu dem erwähnten Zwecke nichts helfen können. Da Alles, was wir am Himmel beſtimmen, Winkelgrößen ſind, ſo wird auch der Winkelmeſſer dasjenige Werkzeug ſein, worauf das Meiſte ankommt. Ein in ſeine Grade, Minuten und ſo weit dies möglich iſt, auch in Secunden getheilter Kreis, in einer unveränderlichen ſenkrechten Richtung aufgeſtellt und mit dem Sehwerkzeuge ſo verbunden, daß die Richtung des letzteren (alſo auch des Viſionsradius) mit Sicherheit durch ihn gemeſſen werden kann, iſt der Typus aller Inſtrumente, durch welche wir die Kenntniß der Oerter, und durch dieſe und die zugehörigen Zeiten auch die der Bewegungen erlangt haben. Je einfacher dieſe Verbindung iſt, auf deſto größere Sicherheit und Unveränderlichkeit wird man rechnen können: deshalb läßt man das Sehwerkzeug (Fernrohr) nur allein in der Ebene des getheilten Kreiſes ſich bewegen und richtet das Ganze ſo ein, daß jede andere Bewegung deſſelben unmöglich wird. Man kann alſo den Himmelskörper durch ein ſolches Rohr nur dann beobachten, wenn er ſich in dieſer Ebene befindet, und die Beſtimmung des Moments, wo dies geſchieht, iſt die eine Hauptaufgabe des Beobachters, womit ſich gewöhnlich noch eine zweite verbindet, nemlich den Punkt des Kreiſes zu beſtimmen, welchem die Lage des Geſtirns im Augenblicke dieſes Durchgangs entſpricht. Da zu dieſem Zwecke die möglichſt genaue Eintheilung des Kreiſes und richtige unveränderliche Aufſtellung des ganzen Apparats wichtiger iſt, als die möglichſte optiſche Kraft des Fernrohrs, ſo iſt das letztere nur von mäßiger Dimenſion, und die angewandten Vergrößerungen überſteigen nicht leicht 200 Mal. Ein Fernrohr von der Dimenſion der großen Teleſkope würde in die hier ſchickliche

Verbindung nicht ſo leicht gebracht und in ihr erhalten werden können; und eine weiter gehende Vergrößerung hier nicht allein keine Vortheile gewähren, ſondern durch die damit verbundene Abnahme der Schärfe des Bildes der Genauigkeit Eintrag thun. Ein ſolcher Apparat bedarf nun aber eines möglichſt feſten Standpunktes und möglichſten Schutz gegen alle ſtörenden äußeren Einflüſſe, und hieraus ergiebt ſich die Nothwendigkeit feſter Sternwarten. Gewöhnlich iſt die Ebene, in welcher der Kreis aufgeſtellt wird, die des Meridians, und ein ſolcher Meridiankreis mit dem angehörigen Fernrohr und dabei befindlicher genauer Uhr iſt daher das erſte und nothwendigſte Requiſit eines Obſervatoriums. In Ermangelung eines ſolchen muß man auf Grundbeſtimmung verzichten und kann nur einzelne, durch mancherlei Bedingungen beſchränkte Zwecke verfolgen. Mehrere durch ihre Leiſtungen berühmte Sternwarten beſitzen ausſchließlich nur ſolche Werkzeuge. — Sollen ſie mit Bequemlichkeit transportabel ſein, ſo können ſie nur ſehr mäßige Dimenſionen haben, und ſolcher portativen Inſtrumente bedient man ſich auf aſtronomiſchen Reiſen und kleineren (temporären) Sternwarten. Zu jeder wirklichen Beobachtung erfordern ſie indeß ſtets eine möglichſt feſte Aufſtellung. Da dieſe nur auf dem feſten Lande erreichbar iſt, der Seefahrer aber gleichfalls aſtronomiſche Ortsbeſtimmungen machen muß, um zu wiſſen, wo er ſich befinde, ſo hat dies Veranlaſſung zu einer eignen Art von Inſtrumenten gegeben, den reflectirenden, von denen jetzt faſt allein der Spiegelſextant in Gebrauch iſt. Sie bedürfen einer feſten Aufſtellung nicht, ſondern werden frei in der Hand gehalten (was nur bei einer ſehr mäßigen Größe möglich iſt) und man erblickt in ihnen jeden Gegenſtand doppelt, direct und als Spiegelbild; beide Bilder kann man beliebig von einander entfernen, und dieſe Entfernung am Inſtrument

messen; daher auch das direct gesehene Bild eines Gegenstandes mit dem Spiegelbilde eines andern zusammenfallen lassen, also ihre Distanz bestimmen. Es ist klar, daß man in Ermangelung eines andern Instruments diese reflectirenden auch auf dem festen Lande gebrauchen könne. Insbesondere hat der um Astronomie und Geographie hochverdiente Zach dieses Instrument vor allen andern auf seinen zahlreichen Reisen angewandt und die allgemeine Verbreitung desselben befördert. Gegenwärtig, wo man andere Instrumente von nicht größerem Gewicht, die aber aufgestellt werden können, erhalten hat, ist der Gebrauch des Sextanten wieder auf nautische Aufgaben beschränkt.

Will man dagegen einen einzelnen Gegenstand betrachten und seine Beschaffenheit möglichst kennen lernen, so genügt es nicht, ihn nur im Momente seines Durchganges durch eine bestimmte Ebene zu beobachten. Vielmehr muß das dazu dienende Instrument auf alle Punkte des Himmels beliebig gerichtet werden können, sowohl um den Himmelskörper aufzusuchen, als um ihn beliebig lange Zeit hindurch zu verfolgen. Um Beides mit desto größerer Sicherheit und Bequemlichkeit zu erreichen, wird zwar ein solches Fernrohr gleichfalls mit Kreisen verbunden und seine Bewegungen so eingerichtet werden können, daß sie den Ebenen dieser Kreise entsprechen, allein diese letzteren sind hier doch nur Nebensache, und das Meiste kommt vielmehr auf die möglichste optische Kraft des Fernrohrs an. Eine feste Aufstellung ist wenigstens bei den größeren Instrumenten dieser Art gleichfalls erforderlich, und sie können allerdings auch Ortsbestimmungen geben, nur bei Weitem weniger genaue, als die Instrumente der ersteren Art, in so fern man absolute Oerter verlangt. Beziehungen eines Ortes auf einen andern (relative Oerter), wenn beide einander nahe liegen, kann man dagegen durch solche Werkzeuge, wenn sie mit einer

ſogenannten mikrometriſchen Vorrichtung verſehen ſind, viel genauer erhalten als durch Meridiankreiſe. Die bequemſte Aufſtellungsart der Fernröhre, welche zur Beſchauung des Himmels in allen Richtungen dienen ſollen, iſt die ſogenannte parallaktiſche. Um eine feſte und der Erdaxe parallele Axe iſt eine zweite im rechten Winkel beweglich, und um dieſe letztere in demſelben Winkel das Fernrohr. Die Enden beider Axen ſind mit eingetheilten Kreiſen verſehen, um leicht und ſicher dem Fernrohre die beabſichtigte Richtung geben zu können, und die Fortbewegung geſchieht nach der Wahl des Beobachters entweder aus freier Hand, oder vermittelſt Schraubenſchlüſſel, oder endlich, beſonders bei größern Inſtrumenten, durch ein der Bewegung der Erde um ihre Axe folgendes Uhrwerk.

Dieſe Vervielfachung der Bewegungen erfordert eine bei Weitem zuſammengeſetztere Einrichtung, bei welcher die Feſtigkeit und Unveränderlichkeit der Meridiankreiſe nicht erreicht werden kann. — Vollſtändig eingerichtete Sternwarten enthalten beide Arten von Inſtrumenten und geben zugleich jedem Hauptinſtrumente einen beſondern Beobachter, der folglich ganz mit ihm vertraut werden kann, ſo wie ein eigenes Zimmer, in welchem alle Einrichtungen ſich darauf beziehen. Um des feſten Standes derſelben möglichſt verſichert zu ſein, ſtellt man ſie nicht, wie man wohl früher gethan, auf hohe Thürme, ſondern vielmehr zu ebener Erde auf beſonders gemauerte, mit dem Gebäude in keiner Verbindung ſtehende Grundlage, oder wenn man aus andern Gründen ein höher liegendes Stockwerk wählen muß, auf gleichfalls iſolirte Pfeiler oder feſte Gewölbe. Eine mäßig hohe Lage iſt allerdings zweckmäßig, ebenſo möglichſte Entfernung von andern, beſonders überragenden Gebäuden; allein ein thurmhoher Aufbau würde die weſentlichſten Nachtheile mit ſich führen und iſt deshalb bei allen neuern Sternwarten durchaus vermieden worden.

Wiewohl die Zahl der Obſervatorien in neueſter Zeit erheblich zugenommen hat, finden ſich dennoch auf der ganzen Erde noch nicht hundert, die den oben aufgeſtellten Erforderniſſen genügen, und unter ihnen hat Deutſchland mehr als irgend ein andres Land. Manche Privatſternwarte, deren beſonders in Frankreich und England ſich finden, ſo wie manche erſt im Bau begriffene oder noch nicht durch ihre Leiſtungen bekannt gewordene dürfte in nachſtehender Ueberſicht fehlen. Früher beſtehende und jetzt eingegangene oder doch außer Thätigkeit geſetzte ſind mit † bezeichnet, ſo wie die ausgezeichneteren durch *. Blos temporäre, wie die bei den Venusdurchgängen im vorigen, oder bei den Chronometerexpeditionen im gegenwärtigen Jahrhundert errichteten, ſind dagegen übergangen.

Deutſchland: Altona *, Berlin *, Bonn, Bremen †, Breslau, Bogenhauſen * (bei München), Coburg, Göttingen *, Halle, Hamburg, Jena, Kremsmünſter, Mannheim *, Marburg, Lilienthal †, Prag (wiederhergeſtellt), Seeberg * (bei Gotha), Speyer, Wien *. — Hierzu in Preußen noch Danzig und Königsberg *.

Frankreich: Paris *, Marſeille, Nismes.

Britiſche Inſeln: Greenwich *, Dublin, Oxford, Cambridge *, Edinburg, Armagh, Blackheath, Slough †.

Italien: Florenz, Mailand, Modena, Neapel *, Padua, Palermo *, Parma, Rom *, Turin, Venedig.

Schweiz: Genf.

Spanien: San Fernando (bei Cadix).

Niederlande: Leyden.

Belgien: Brüſſel.

Dänemark: Copenhagen.

Norwegen: Chriſtiania.

Schweden: Stockholm, Upſala.

Rußland: Abo, Charkow, Dorpat *, Helſingfors, Ka-

ſan, Kiew, Moskwa, Mitau †, Nicolajew, Petersburg, Pulkowa *, Riga †, Wilna. Polen: Warſchau. — Krakau.

Ungarn: Ofen.

Griechenland: Athen (noch im Bau begriffen).

Außerhalb Europa: St. Helena, Paramatta *, Capſtadt *, Peking †, Fort William (bei Calcutta), Trevandrum (in den Staaten des Rajah von Travancore).

In Amerika treffen wir faſt nur vorübergehend thätige Sternwarten, deren wir auch noch aus andern Erdgegenden mehrere aufführen könnten; die wichtigſten in den Staaten der nordamerikaniſchen Union. Im Bau begriffen ſind zwei große Sternwarten in Cincinnati und Waſhington. Man ſieht, wie außerordentlich ungleich die Vertheilung der Sternwarten noch immer iſt. Fünf Sechstheile aller beſtehenden können von einem Kreiſe umſchloſſen werden, der nur $^1/_{100}$ der Erdoberfläche beträgt.

Zwar liegen die Urſachen dieſer Ungleichheit nahe genug und es gilt Aehnliches von allen wiſſenſchaftlichen Inſtituten; indeß muß der Aſtronom gleichwohl dringend wünſchen, daß dieſer ſchroffe Gegenſatz in möglichſt naher Zukunft ſich vermindere, damit nicht ferner die meiſten und darunter wichtigſten Himmelserſcheinungen verloren gehen. Jede einzelne Himmelsbegebenheit iſt gleichzeitig nur der halben Erdkugel, mit Bequemlichkeit und Genauigkeit aber nur dem dritten Theile derſelben ſichtbar, und wenn man noch für Tagſtunden und trübes Wetter die erforderlichen Abzüge macht, kaum dem zehnten Theile im Durchſchnitt. Die Zukunft wird z. B. unſere jetzigen Kometenverzeichniſſe ungemein dürftig finden, trotz des Eifers, den einzelne thätige Beobachter an den Tag gelegt haben, der aber nur ſpärliche Früchte tragen konnte bei dem ſo eng beſchränkten Raume, auf dem ſie ſich befanden. Hätte man bei den Venusdurchgängen im Jahre 1761 und 1769 an allen geeigneten Punkten der Erdkugel feſte

Sternwarten beſeſſen, ſo würde das ſo wichtige Element der Sonnenentfernung ohne Zweifel mit einer vielfach größeren Genauigkeit bekannt geworden ſein. So aber mußte man mit ungeheuren Koſten Beobachter und Inſtrumente an dieſe Orte ſenden, die ſich ſodann, ſo gut es eben ging, einrichteten. Unter ſolchen Umſtänden mußte man bei der Berechnung ſelbſt ſehr mittelmäßigen Beobachtungen noch ein Stimmrecht einräumen, während man ſie gewiß ausgeſchloſſen haben würde, wären ſie durch beſſere zu erſetzen geweſen. — Mit vielen der angeführten Sternwarten ſind noch andre Einrichtungen verbunden: magnetiſche und meteorologiſche Beobachtungsſtationen, geodätiſche Apparate und dergleichen, welches Alles in näherer oder entfernterer Beziehung zu dem Zwecke des Aſtronomen ſteht. Namentlich werden die geodätiſchen Operationen ſtets von aſtronomiſchen Beſtimmungen ausgehen müſſen und deshalb am zweckmäßigſten ſich auf die Sternwarte ſelbſt beziehen, deren Länge und Breite immer am genaueſten und unmittelbarſten ermittelt werden kann. — In optiſcher Beziehung ſind die Fernröhre entweder Refractoren oder Reflectoren (Teleſkope, beſtimmter Spiegelteleſkope). In erſteren wird der Lichtſtrahl beim Durchgange durch das erſte Glas (Objectiv) gebrochen und ſo das Bild des Gegenſtandes in die Nähe des Ocularapparates gebracht, welcher nichts als ein (einfaches oder zuſammengeſetztes) Mikroſkop iſt. Die großen Vortheile, welche ein achromatiſches (farbenfreies) Objectiv vor den chromatiſchen voraus hat, ſind Veranlaſſung geweſen, daß man jetzt für aſtronomiſche Zwecke die letzteren ganz beſeitigt hat. Das achromatiſche Objectiv beſteht aus zwei Linſen, einer von Kronglas und einer von Flintglas, die einander mit ihren gekrümmten Flächen zwar nicht berühren, aber bis auf eine äußerſt geringe Diſtanz (der Dicke eines feinen Staniolblattes) nahe ſtehen. Eine neuere Einrichtung (das dialytiſche

Fernrohr) ſetzt die beiden Linſen in beträchtliche Entfernung, ſo daß die eine etwa in der Mitte der Länge des Rohrs ſich befindet. — Spiegelteleſkope, welche den Lichtſtrahl in einem Hohlſpiegel auffangen und zurückwerfen, haben zwar den Vorzug einer großen Lichtſtärke und geringerer ſphäriſcher Abweichung, allein ihre Aufſtellung und ihr Gebrauch iſt mit manchen Schwierigkeiten verknüpft, weshalb ſie für Meridianinſtrumente gar nicht angewandt werden, und auch für andre Arten von Beobachtungen weniger in Gebrauch ſind als die ſehr bequemen Achromate. Neuerdings hat Barfuß vorgeſchlagen, Teleſkope mit Glasſpiegeln zu verfertigen (bisher hatte man Metallſpiegel angewandt), wodurch er hofft, die Vortheile der Achromate mit denen der Teleſkope zu vereinigen. — Um in einem zur Beſchauung des Himmels eingerichteten Fernrohre die Gegenſtände meſſen zu können, hatte man verſchiedene Mittel angewandt: künſtliche Scheibchen, Linien und Kreiſe auf Glasplatten, Fädennetze und dergleichen. In neuerer Zeit hat man faſt ausſchließlich das Fadenmikrometer benutzt. Zwei Spinnefäden ſind parallel zwiſchen Meſſingplatten ausgeſpannt, die ſich eine längs der andern verſchieben laſſen, während eine getheilte Scala und der ebenfalls getheilte Kopf der Schraube, mit welcher die Verſchiebung bewirkt wird, den Betrag derſelben anzeigen. Zugleich läßt ſich die ganze Vorrichtung um ihre Axe drehen und dadurch den Fäden jede beliebige Richtung geben, welche gleichfalls durch einen in Grade u. ſ. w. getheilten Poſitionskreis gemeſſen werden kann. Der größte Theil der feineren Meſſungen, die wir über Doppelſterne, Planetendurchmeſſer u. ſ. w. beſitzen, iſt auf dieſe Weiſe erhalten worden. — Da aber alle dieſe Vorrichtungen ſtets vorausſetzen, daß man die feinen Fäden, Striche u. ſ. w. deutlich ſehe, ſo iſt für nächtliche Beobachtungen eine künſtliche Erleuchtung nothwendig, die außer andern Unbequemlichkeiten

auch besonders die hat, daß das Licht der Sterne dadurch geschwächt wird, und die, welche schon in ganz dunklem Felde sehr schwach erscheinen, gänzlich unsichtbar werden. Diesem Uebelstande zu begegnen hat man ein andres Princip verfolgt, nemlich (wie bei den Spiegelsextanten) die Distanzen durch Verdoppelung der Bilder zu messen. Man durchschneide nemlich das Objectiv eines Fernrohrs so, daß zwei getrennte Kreishälften entstehen. So lange beide einander mit der ganzen Schnittfläche berühren, wird keine Veränderung erfolgen; entfernt man sie aber um eine gewisse Größe von einander, so wird auch jede Hälfte ein besonderes Bild desselben Gegenstandes erzeugen, und beide Bilder werden um den gleichen Betrag von einander abstehen. Wird nun eine Vorrichtung so angebracht, daß der Beobachter, während er den Himmelskörper im Auge hat, die beiden Objectivhälften beliebig verschieben und gleichzeitig beide um ihre optische Axe drehen kann, so hat er ein Mittel, die Objecte durch sich selbst zu messen, ohne einer Erleuchtung durch künstliche Mittel zu bedürfen. So eingerichtete Ferngläser nennt man (nicht ganz passend) Heliometer, und ein vorzügliches Instrument dieser Art besitzt die Königsberger Sternwarte, wo es durch Bessels Leistungen zu einer hohen Berühmtheit gelangt ist. Bouvard ist der Erfinder, allein erst Fraunhofer hat ihm diejenige Vollkommenheit und zweckmäßige Einrichtung gegeben, durch welche es für die feinsten und schwierigsten Messungen geschickt geworden ist.

Wir können uns hier nicht auf eine Beschreibung der mancherlei Hülfsapparate einlassen, die auf einer Sternwarte nöthig sind, noch auch die verschiedenen Einrichtungen der Fernröhre zu specieller Zwecken aufzählen. Nur das sei hier noch erwähnt, daß die vom Objectiv erzeugten Bilder nothwendig verkehrt (richtiger umgedreht) erscheinen, nemlich das obere unten und das westliche östlich, so daß

aus d nicht wie in einem Spiegel b, ſondern p wird. Bei nicht aſtronomiſchen Ferngläſern hebt man dieſe Umkehrung durch eine zweite wieder auf, wozu es aber eines Glaſes mehr bedarf, und ſowohl ein Lichtverluſt als eine Verengerung des Geſichtsfeldes erzeugt wird: Nachtheile, die für den Aſtronomen zu empfindlich ſind, als daß er ſich nicht lieber die für ihn durchaus nicht ſtörende Umdrehung gefallen laſſen ſollte. Während alſo (wenn wir auf der nördlichen Halbkugel das Geſicht nach Süden wenden) im freien Auge im gewöhnlichen (terreſtriſchen) Fernrohre Norden oben, Süden unten, Oſten links und Weſten rechts erſcheint, wird im aſtronomiſchen Fernrohre Norden unten, Süden oben, Oſten rechts und Weſten links erſcheinen, während in einem (ſenkrecht aufgeſtellten) Spiegel oben und unten unverändert bleiben und nur rechts und links verwechſelt werden.

Die Vergrößerung (die der Aſtronom ſtets lineär rechnet, ſo daß z. B. eine hundertmalige der Fläche nach eine zehntauſendmalige iſt) hängt von dem Verhältniß der Brennweiten des Objectivs und Oculars ab. Aus einer Entfernung betrachtet, welche der Brennweite des Objectivs gleich iſt, erſcheint nemlich das Bild eines Objects genau unter demſelben Geſichtswinkel als das Object ſelbſt; folglich aus einer halb ſo großen Entfernung in doppelter Größe u. ſ. w. Hat demnach das Objectiv eine Brennweite von 150 Zoll, das Ocular von 1 Zoll, ſo iſt die Vergrößerung 150mal, während ein Ocular von $^1/_4$ Zoll Brennweite bei demſelben Fernrohre eine 600malige Vergrößerung erzeugt, und das einzöllige Ocular, vor ein Fernrohr von nur 60 Zoll Brennweite geſchraubt, auch nur 60mal vergrößert. — Da es nun gar nicht ſchwierig iſt, Oculare (Mikroſkope) von einer Brennweite, die nur einen geringen Theil der Pariſer Linie beträgt, zu verfertigen, während andrerſeits Objectivlinſen von mehreren hundert Fuß

Brennweite exiſtiren, ſo ſieht man, daß wenn man nur möglichſt hohe Vergrößerung verlangt, man das Zehn- und ſelbſt Hunderttauſendfache erreichen könnte. Aber für den Beobachter hat die ſtärkere Vergrößerung nur dann einen Werth, wenn er keinen zu ſtarken Lichtverluſt dadurch erleidet und vor Allem die Deutlichkeit in gleichem Maße wie die Vergrößerung zunimmt. Ueberdieß führt die zunehmende Vergrößerung andre Unbequemlichkeiten mit ſich, worunter die größere Anſtrengung des Auges und die raſchere Bewegung der Objecte, ſo wie vermehrtes Zittern derſelben in Folge der Luftbeſchaffenheit, gar ſehr zu berückſichtigen ſind. Alles dies veranlaßt, daß es bei jedem Fernrohre eine gewiſſe Grenze der Vergrößerung giebt, über die hinaus man verliert, anſtatt zu gewinnen, und die ſowohl für verſchiedene Objecte, als auch für verſchiedene Beſchaffenheit der Luft ſehr ungleich iſt*). — Auch vermindert ſich der Durchmeſſer des Geſichtsfeldes mit zunehmender Vergrößerung der Objecte in faſt noch ſtärkerem Maße. So kann man z. B. bei einer Vergrößerung von 50 grade noch den ganzen Mond überſehen; bei einer 1000-maligen wird ſchon ein einziges der größeren Ringgebirge, wie Theophilus und Kopernikus, das ganze Geſichtsfeld ausfüllen können, was unter Anderm auch das Auffinden und

*) Beim Dorpater Refractor, deſſen Brennweite 14 Fuß beträgt, und für welchen gegen 30 verſchiedene Oculare (von 86- bis 1500maliger Vergrößerung vorhanden ſind, iſt 1000 die nicht wohl zu überſchreitende Grenze, die indeß nur bei ſehr heiterer und ruhiger Luft für Doppelſterne und in ſeltenen Fällen für Mondlandſchaften, nicht aber für Planeten, namentlich nicht für Venus und Mercur, angewandt werden kann. Kometen bedingen ſtets eine geringe Vergrößerung, indem ſie bei ſtärkerer mehr und mehr in dem Himmelsraume verſchwimmen. Wo es darauf ankommt, möglichſt viel gleichzeitig zu überſehen, muß immer die ſchwächſte Vergrößerung gewählt werden.

Festhalten eines Beobachtungsobjectes sehr erschwert. Eine sehr müßige Frage, die gleichwohl der Astronom von Laien häufig hören muß, ist die, wie weit man mit diesem oder jenem Fernrohre sehen könne? Noch Niemand hat eines Fernrohrs bedurft, um weit zu sehen: das bloße Auge sieht die Milchstraße und die Nebelflecke Orions und Andromeda's, die viele Billionen Meilen von uns abstehen, ohne Schwierigkeit. Nicht um weiter, auch nicht zunächst um größer, sondern vor Allem, um das Entfernte deutlicher zu sehen, bedient sich der Astronom und Nichtastronom des Fernrohrs*).

Auf der Erde kann das Fernrohr nicht weiter führen, als die Krümmung der Erdkugel es gestattet, und man wird stets mit freiem Auge eben so weit sehen. Daß es uns am Himmel in größere Fernen führe als das bloße Auge, ist zwar aus gewissen Gründen wahrscheinlich, aber keineswegs die Hauptsache, und die Frage, wie viel Mal es weiter führe, wird der Astronom nie beantworten können, ohne daß diese Ungewißheit seine Arbeiten im geringsten benachtheiligen kann. Jedes Fernrohr ist in optischer Beziehung vor Allem auf Deutlichkeit und Lichtstärke zu prüfen; alles Andre ist Nebensache oder gleichgültig. Die Lichtstärke hängt von der Größe des Objectivs (oder Teleskopspiegels) und dem möglichst geringen Verluste bei der Reflexion oder dem Durchgange durch die Gläser ab. Sie verhält sich (abgesehen von diesem Verluste) zur Lichtstärke im freien Auge, wie die Fläche des Objectivs zur Fläche der Pupille des Auges, also wie das Quadrat der beiden Durchmesser. Von zwei Ob-

*) Einen Sinn würde diese Frage nur haben, wenn man fragte, bis zu welcher Entfernung hin eine gewisse bestimmte Wahrnehmung — z. B. das Lesen einer Druckschrift von gegebener Größe, oder die Gesichtszüge einer gewissen Person — noch möglich sei.

jectiven von 6 Zoll und 2 Zoll Durchmeſſer wird alſo das erſtere $\frac{6 \times 6}{2 \times 2} = 9$ mal mehr Lichtſtärke haben als das letztere.

Die Deutlichkeit hängt zwar hauptſächlich von der Genauigkeit ab, mit welcher die Krümmung der Gläſer dargeſtellt iſt, ſo wie von der Gleichförmigkeit der Glasmaſſe, allein ſie findet auch, wie bereits bemerkt, ihre Grenze in der Beſchaffenheit unſrer Atmoſphäre.

Die Mängel der Deutlichkeit, ſowohl der einen als der andern Art, werden ſtets deſto fühlbarer ſein, je ſtärker die angewandte Vergrößerung iſt; überſchreitet man einen gewiſſen Punkt, ſo werden keine ſcharfen Grenzen der Objecte mehr wahrgenommen, ſie verwaſchen ſich mehr und mehr mit dem Himmelsgrunde, und hier iſt alſo die eine Grenze geſetzt.

Mit der zunehmenden Vergrößerung nimmt aber auch die Helligkeit, wenigſtens bei den Gegenſtänden, die einen merklichen Durchmeſſer zeigen, ab; und ſo kann ein an ſich lichtſchwaches Object durch eine zu ſtarke Vergrößerung unſichtbar werden, z. B. ein Komet oder Nebelfleck. Beſonders ſtörend ſind die Farben, in welche der Lichtſtrahl ſich bricht, und deren jede einer verſchiedenen Brennweite entſpricht. Den bei Weitem größten Theil des Uebels hat die ſchöne Erfindung der achromatiſchen Fernröhre gehoben: gleichwohl iſt hierin noch nicht Alles gethan, und wer es erfände, die Brechung in Farben vollkommen wieder aufzuheben, würde Großes bewirkt haben. Namentlich in dieſem Punkte erſcheint Fraunhofers früher Tod als ein ſo beklagenswerther.

Mit einem hinreichend lichtſtarken Fernrohre kann der Aſtronom auch am Tage die helleren Geſtirne beobachten, die hellſten (wie Venus und die Fixſterne erſter Größe) ſo-

gar beſſer, nemlich in einem ruhigeren Lichte, als bei Nacht. Je höher die Sonne und je näher ſie dem zu beobachtenden Gegenſtande ſteht, deſto ſchwieriger werden Tagbeobachtungen; faſt immer gelingen ſie Nachmittags beſſer als in gleicher Sonnenhöhe Vormittags. In den ſtärkſten Fernröhren kann man bei Tage noch Sterne ſehen, die das bloße Auge auch in der heiterſten Winternacht vergebens aufſucht. Die Jupitersmonde z. B. ſah ich einſt am Tage in einem Fernrohre von nur 4½ Fuß Brennweite. Der Grund liegt einzig in der größeren Lichtſtärke und nur zum geringen Theile in der Entfernung der Seitenſtrahlen, die wohl nur zur größeren Ruhe des Bildes etwas beiträgt.

Zahllos ſind die Objecte, welche der Aſtronom am Himmel wahrnimmt, und ſchon dieſe Menge allein würde ihn zu Claſſificationen nöthigen, auch wenn ſich keine weſentlichen Unterſchiede auffinden ließen. Wir finden dieſe unterſcheidenden Merkmale entweder in den Körpern ſelbſt, oder in ihren Bewegungen, oder endlich in Beidem zugleich. Indeſſen hält es ſchwer, überall abſolute Unterſchiede durchzuführen. Alles, was wir in jenen Fernen wahrnehmen ſollen, muß mehr oder weniger leuchten, und die erſte Frage iſt, ob das Licht ein eigenthümliches oder erborgtes und folglich blos zurückgeworfenes ſei. Indeß ſind gar wohl Uebergänge möglich, Körper welche mit eignem und erborgtem Lichte leuchten und bei denen der Unterſchied alſo nur auf ein Mehr oder Weniger hinausläuft.

Wenn z. B. die ſelbſtleuchtenden Subſtanzen, welche unſerm Erdkörper angehören, weit häufiger angetroffen würden, ſo könnte die Erde auch ſelbſt leuchten; ohne daß damit die von der Sonne ausgehende und von der Erde reflectirte Erleuchtung aufgehoben wäre *). Die Begleiter heller Fix-

*) Ein Brand, wie ihn Moskau 1812 oder Hamburg 1842

ſterne müſſen nothwendig von dieſen ein beträchtliches Quantum Licht empfangen, gleichwohl würden wir ſie gewiß nicht ſehen, wenn ſie nicht auch mit eignem Lichte leuchteten. Ein andrer Eintheilungsgrund iſt von den Bahnen hergenommen. Ein Körper B, der um einen andern eine Bahn beſchreibt, ſteht um eine Ordnung niedriger als dieſer, ſo daß z. B. unſer Mond zwei Ordnungen tiefer als die Sonne ſteht, oder in Bezug auf dieſe ein tertiärer, ſo wie in Bezug auf die Erde ein ſecundärer Körper iſt. Allein ſtreng genommen, bewegen ſich alle Körper um ideelle Schwerpunkte, ſo daß es abſolut primäre gar nicht giebt, indem ſich z. B. die Sonne um denſelben Schwerpunkt bewegt als die Erde, nur daß er dem Mittelpunkte der Sonne 350,000 mal näher liegt als letzterer. Alſo auch dieſe Unterſchiede werden blos relative ſein. Die Form der Bahnen giebt gleichfalls einen Eintheilungsgrund ab. Da es aber höchſt wahrſcheinlich iſt, daß alle Bahnen ihrer Grundform nach elliptiſche ſind und daß ſie nur eine größere Annäherung entweder zum Kreiſe oder zur Parabel verrathen, ſo ſuchen wir auch hier vergebens nach einem abſoluten Eintheilungsprincip. Noch weniger kann das äußere Anſehen als etwas Entſcheidendes gelten, da dies von unſerm Standpunkte weſentlich mit abhängt und hiernach ein und derſelbe Körper je nach ſeiner verſchiedenen Stellung verſchiedenen Klaſſen angehören könnte.

Indeß ſo ſehr wir uns auch gedrungen fühlen, überall beſtimmte Kategorien aufzuſtellen, ſo ſind wir doch häufig genug in dem Falle, nicht damit durchzukommen, ſondern anerkennen zu müſſen, daß die Natur uns höchſtens etwas den Kategorien Aehnliches darbiete, und die Erweiterung unſerer Kenntniſſe, das tiefere Eindringen in die Natur der

---

erlitten, muß — ſo weit wir darüber zu urtheilen vermögen, vom Monde aus in der Erdennacht geſehen werden.

Dinge, hat häufiger dahin geführt, vermeintliche Unterſchiede aufzuheben, als neue zu ſetzen, oder bereits recipirten eine größere Beſtimmtheit zu verleihen. Die Schöpfung in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit liebt Uebergänge mehr als Sprünge. Wir ſtellen demnach die folgenden Klaſſen keineswegs als ſolche auf, die alle andern ausſchlöſſen oder für alle kommenden Zeiten ihre gegenwärtige Bedeutung behaupten müßten. —

Die Planeten, diejenige Klaſſe, zu welcher unſer eigener Wohnort gehört, ſind ſphäriſche (jedoch mehr oder weniger abgeplattete) und wenigſtens ihrem Hauptbeſtandtheile nach ſolide Körper von beſtimmter bleibender Form und Größe, welche kein — oder doch nur ſehr wenig — eignes Licht haben und von einer Sonne erleuchtet werden, um die ſie in elliptiſchen Bahnen laufen. Dabei drehen ſie ſich zugleich in einer weit kürzeren Zeit um ihre eigne Axe, wodurch es bewirkt wird, daß ſie in ſchnellerer Abwechslung, als ohnedem geſchähe, auf allen Seiten erleuchtet werden. — Die Nebenplaneten oder Monde laufen um ihre Hauptplaneten und mit dieſen um die Sonne, werden aber hauptſächlich nur von letzterer erleuchtet. Sie wenden — wenigſtens die uns näher bekannten — ihrem Hauptplaneten ſtets nahe dieſelbe Seite zu. Doch haben bei Weitem nicht alle Planeten ſolche Monde. In ihrer Geſtalt und ſonſtigen allgemeinen Beſchaffenheit kommen men ſie mit den Hauptplaneten überein. —

Die Kometen laufen in ſehr länglichten, nahe zu paraboliſchen Bahnen um die Sonne und ſind undicht, nach Geſtalt und Größe veränderlich und durchſichtig. — Die Fixſterne, zu welchen auch unſere Sonne gehört, leuchten mit eignem Lichte und bewegen ſich in Bahnen, die wir noch zu wenig kennen. Einige Fixſterne ſind jedoch mit andern in eine nähere Verbindung eingegangen, ähnlich der, in welcher die Planeten (rückſichtlich ihrer Bahnen) zur Sonne ſtehen;

man nennt ſie (da in den meiſten Fällen nur 2 eine ſolche engere Verbindung bilden) Doppelſterne, neben denen wir übrigens auch drei-, vier- und vielfache Sterne kennen. Die meiſten uns ſichtbaren Fixſterne ſind indeß einfache, wie unſere Sonne. Die Milchſtraße und die Nebelflecke bilden wohl nur ſcheinbar eine eigne Klaſſe, indem ſie wohl ſämmtlich aus Fixſternen beſtehen. In wiefern die Sternſchnuppen ein Anrecht haben, zu den ſelbſtſtändigen Weltkörpern gerechnet zu werden, mag die Zukunft entſcheiden, eine kosmiſche Bahn kann ihnen, nach den neueſten Forſchungen, nicht wohl mehr abgeſprochen werden. Fixſterne, Kometen und Planeten unterſchieden ſchon die Alten, nur rechneten ſie Mond und Sonne zu letzteren und betrachteten die Erde als nicht zum Himmel gehörig. Das wahre Weltſyſtem einerſeits und die Erweiterung des Univerſums durch das Fernrohr andrerſeits hat uns in dieſer Beziehung zu einer größeren Beſtimmtheit und Vollſtändigkeit verholfen, wiewohl man die zum Theil unpaſſend gewordenen alten Namen beſtehen ließ. An dieſen wird auch wohl die Zukunft nichts ändern, angeſehen, daß ihre hiſtoriſche Berechtigung eine ſo alte iſt, und wohl nur da neue einführen, wo ſich den tiefer eindringenden Forſchungen eine neue Gattung von Weltkörpern darbieten wird, was wir nicht allein als möglich, ſondern ſogar als ſehr wahrſcheinlich betrachten müſſen in Erwägung des ſehr neuen Datums, das ſo manche höchſt wichtige Erweiterung unſerer Kenntniß — man denke z. B. an die Doppelſternſyſteme — bezeichnet.

VII.

Die Bewegungen im Sonnenſyſtem.

Wenn gleich die Bezeichnung Fixſtern jetzt nicht mehr im buchſtäblichen Sinne genommen werden kann, indem Theorie und Beobachtung uns mehr und mehr zu der Ueberzeugung führen, daß es nichts Fixes im Univerſum gebe und die Unveränderlichkeit da, wo ſie jetzt noch, den Beobachtungen zufolge, beſteht, nur eine ſcheinbare ſei: ſo können wir doch nur die im Syſtem unſrer Sonnen vorkommenden Bewegungen als ſolche betrachten, von denen wir eine genaue und in's Einzelne gehende Kenntniß beſitzen. Der Gang der Wiſſenſchaft iſt der vom Beſondern zum Allgemeinen, und nur in abgeſchloſſenen fertigen Syſtemen mag man die Ordnung umkehren. Wir heben alſo von allen möglichen und wirklichen, höheren und niederen Syſtemen das unſerer Sonne, mit welchem unſre Kenntniß begann und an welchem ſie erſtarkte, hervor. Der wahre Mittelpunkt der Bewegungen iſt derjenige Schwerpunkt, um welchen herum ſämmtliche, das Syſtem bildende, Maſſen, nach ihrer jeweiligen Stellung, im Gleichgewicht ſind: ein ſelbſt maſſeloſer und folglich idealer Punkt, wiewohl in unſerm Sonnenſyſtem die Vertheilung der Maſſen eine ſolche iſt, daß jener Punkt mit einiger Ausnahme*) noch in den Körper unſrer Sonne fällt.

*) Dieſe Ausnahme tritt ein, wenn Jupiter und Saturn, von der Sonne aus geſehen, um weniger als einen Quadranten von einander abſtehen.

Die Theorie ist dahin gelangt, diesen Punkt, d. h. die Stellung desselben in Beziehung zum Sonnenmittelpunkt, für jede gegebene Zeit zu finden, und die Bewegungen, sowohl der Planeten und Kometen, als auch der Sonne selbst, um diesen Schwerpunkt darzustellen, und der astronomische Rechner hält überall, wo es nöthig ist, diese Ansicht mit aller Strenge fest. In den meisten Fällen ist es jedoch weit einfacher und für den praktischen Gebrauch bequemer, die Bewegungen eines secundären Körpers so darzustellen, als sei das Centrum der Sonne selbst jener Fixpunkt, wobei sodann die Bewegung der Sonne selbst mit auf Rechnung der Planeten geschoben wird, und eine ähnliche Annahme erlaubt man sich auch in Beziehung auf die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten.

Die Oerter selbst können bei der einen, wie bei der anderen Verfahrungsweise streng richtig werden, sobald nur die Grundlagen der Rechnung genau bekannt sind; und auch wir wollen uns bei unsrer Uebersicht mit dieser vorausgeschickten Bemerkung begnügen und die bequemere Darstellungsweise der absolut richtigen, aber verwickelteren, substituiren.

Jede Bewegung, einmal begonnen und ohne Hinderniß wie ohne weiteren Impuls sich selbst überlassen, ist eine gradlinige und gleichförmige, fortlaufend in der ursprünglichen Richtung, wie wir dies an allen Körpern sehen können, die annäherungsweise sich in dieser Lage befinden (z. B. eine Billardkugel.).

Nur ein Widerstand kann sie schwächen, oder aufheben, nur ein neuer Impuls in derselben Richtung sie beschleunigen oder (in einer andern Richtung erfolgend) davon ablenken.

Was den ersten Anstoß zu den im Sonnensystem bestehenden Bewegungen gegeben habe, liegt jenseit unsrer Erfahrung und die Theorie vermag darüber gleichfalls nichts Ge-

wiſſes auszumachen; hier iſt alſo noch ein weites Feld für Vermuthungen offen, und es iſt leicht zu erachten, daß Verſuche mancher Art bereits gemacht wurden, es auszubeuten und in Beſitz zu nehmen.

Wir bezeichnen jenes ſeinem Weſen nach unbekannte x mit dem Namen des urſprünglichen Stoßes. Wollten wir es als eine Kraft bezeichnen, ſo wäre ſie als ſolche nur einen Moment vorhanden geweſen und nur ihre Wirkung dauerte in's Unendliche fort: ein Schöpfungsact, der ſich nicht zu wiederholen braucht. Allein eine wirkliche und fortwährend thätige Kraft, die Gravitation, kommt hinzu und lenkt die Körper in jedem Augenblicke von derjenigen Richtung ab, die ſie einen Moment vorher befolgten. Wirkte ſie ſtoßweiſe, etwa in gleichmäßigen Intervallen, ſo würde eine gebrochene Linie, eine Bahn mit Ecken, entſtehen; allein ſie beſteht und bethätigt ſich in jedem Moment auf's Neue, ohne jemals abzubrechen, und ſo werden die Bahnen der Weltkörper Unendlichecke d. h. Curven. Wir können ſogleich hinzufügen, daß die Curven gegen den Schwerpunkt der Bewegung concav ſein müſſen, denn ſollten ſie einen Wendepunkt haben, ſo müßte die Gravitation in ihr Gegentheil umſchlagen d. h. aus der Anziehung eine Abſtoßung werden. Ob nun aber dieſe Curve ein Kreis oder eine andre von verſchiedener Krümmung werde, dies hängt von dem Verhältniſſe ab, in welchem die Schwerkraft (Gravitation) zur Stärke und Richtung der urſprünglichen Bewegung ſteht. War dieſe Richtung urſprünglich eine gegen den Radius vector (die Linie zum Schwerpunkt) rechtwinklichte, und wird durch die Schwerkraft der Körper in jedem Zeittheilchen dem Schwerpunkt eben ſo weit zugelenkt als er ohne dieſelbe durch die gerade fortgehende Bewegung abgelenkt worden wäre, ſo wird die Bahn ein Kreis. Findet aber dieſe Bedingung nicht Statt, oder (was daſſelbe

iſt) war die urſprüngliche Richtung nicht auf den Radius vector rechtwinklicht, ſo kann ſich kein Kreis erzeugen, ſondern es entſteht (wie Newton bewieſen hat) eine der drei Curven, welche wir Kegelſchnitte nennen, nemlich eine Ellipſe, Parabel oder Hyperbel. In der Ellipſe (wie im Kreiſe) kehrt der Körper nach Ablauf einer gewiſſen Periode (der Umlaufszeit) wieder zum Anfangspunkte der Bahn zurück und beſchreibt ſie von Neuem; in der Parabel und Hyperbel iſt dies nicht der Fall, und ein Körper, der ſich in einer dieſer letzteren Curven bewegte, könnte nur ein einziges Mal ſeine kleinſte Entfernung vom Schwerpunkt haben und würde ſich dann ohne Aufhören immer weiter (in's Unendliche) von ihm entfernen*).

---

*) Kaum giebt es irgend einen Gegenſtand in der Phyſik des Himmels, der gröberen Mißverſtändniſſen ausgeſetzt geweſen iſt, als der hier berührte. Man denke ſich einen Körper, der von einem Punkte A aus ſich gradlinig fortbewegt, und zwar ſo, daß dieſe Bewegung einen rechten Winkel mit der zu einem andern Körper B gezogenen graden Linie macht, ſo wird dieſer Körper in jedem folgenden Punkte weiter von B abſtehen, als in A der Fall iſt. Er wird ſich alſo von ihm, zwar nicht in directer Richtung, aber doch je länger je mehr entfernen, und Newton bezeichnete dieſes aus der gradlinigen Bewegung folgende Wachſen der Entfernung mit dem Namen Centrifugalkraft, die alſo dem Wortverſtande nach als eine der Centripetalkraft (Gravitation) entgegengeſetzte erſchien. Dies gab Veranlaſſung zu der grundfalſchen Vorſtellung von einer abſtoßenden Kraft, die mit der anziehenden gleichzeitig und von demſelben Punkte aus wirken ſollte. Wäre dem wirklich ſo, ſo müßte im Falle der quantitativen Gleichheit beider Kräfte das Reſultat ein Nichts ſein, für den Fall des Uebergewichts der einen oder der andern aber würde nur dieſes Uebergewicht real wirkſam werden. Im erſten Falle alſo müßte der Körper A ſtillſtehen, im zweiten auf B ſtürzen oder von B hinwegfliehen; nimmermehr aber würde eine Umlaufsbahn entſtehen können. Da man nicht umhin konnte, dieſe Lücke zu empfinden, ſo

Ein ſolcher Körper könnte alſo nicht dauernd einem geſchloſſenen Syſtem angehören, denn dieſes iſt dem Raume nach endlich begrenzt. A priori kann nun nicht entſchieden werden, ob es ſolche nicht in ſich ſelbſt zurückkehrende Bahnen gebe, und die Möglichkeit derſelben kann man alſo nicht leugnen. Unſre Erfahrungen ſind aber noch nicht vollſtändig genug, um ſelbſt nur in Beziehung auf alle wahrgenommenen Körper zu einer beſtimmten Entſcheidung zu gelangen. Von den Planeten und ihren Monden iſt es gewiß, daß ſie ſich

---

kamen Einige auf den Einfall, eine dritte Kraft anzunehmen, welche bald die Differenz der beiden erſten ausgleichen, bald noch andere Functionen übernehmen ſollte.

Mit Recht hat man daher in neuerer Zeit den Namen Centrifugalkraft, von dem alle dieſe Mißverſtändniſſe ſich herſchrieben, beſeitigt und dafür den Ausdruck Tangentialkraft geſetzt, wofür man auch Schwungkraft wählen könnte. Noch beſſer aber iſt es, die ganze Vorſtellung einer Kraft nach Art der Schwerkraft für dieſe Bewegungsrichtung fahren zu laſſen. Denn im Centralkörper ſelbſt hat einzig nur die Schwerkraft eine Realität; ſie iſt das einzige Urſprüngliche, in ſich ſelbſt Beſtehende, während das, was man Centrifugalkraft genannt hat, nur das Erzeugniß aus der in der Richtung der Tangente fortſtrebenden Bewegung iſt und folglich von dieſer abhängt. In den Fällen, wo dieſe Richtung mit der Linie zum Centralkörper einen ſpitzen Winkel macht, iſt es vollends ganz unpaſſend, von einer Centrifugalkraft zu ſprechen, da vielmehr alsdann der umlaufende Körper ſeinem Hauptkörper, auch ohne Hinzutritt der Schwerkraft, genähert wird.

In der Mechanik iſt es allerdings gebräuchlich, jede Bewegung als eine Kraft darzuſtellen, oder auf eine ſolche zu beziehen, mag dieſe nun eine urſprüngliche oder abgeleitete, einfache oder zuſammengeſetzte, momentane oder fortwirkende ſein. Die Schwerkraft dagegen ſtellt ſich uns als das Primitive, Selbſtſtändige, Allgemeine und Immerwährende dar, und es giebt in dieſem Sinne in der Körperwelt keine zweite Kraft.

nicht nur alle in rückkehrenden Bahnen bewegen, sondern daß dieſe auch nur wenig vom Kreiſe abweichen.

Von den Kometen dagegen kann Aehnliches nicht behauptet werden. Nicht allein ſind mit Gewißheit erſt drei derſelben wirklich zurückgekehrt, ſondern auch die Bahnen der übrigen weichen (in Bezug auf das uns ſichtbare Stück) von der Parabel ſo wenig ab, daß wir in den meiſten Fällen nicht wiſſen können, ob die Abweichung eine reelle ſei oder in den Beobachtungsfehlern liege. Wir werden indeß ſpäter ſehen, daß gleichwohl die Annahme, ſämmtliche Kometenbahnen ſeien geſchloſſene Ellipſen, die meiſte Wahrſcheinlichkeit für ſich hat.

Die einfachſte und am leichteſten zu berechnende Bahn iſt die Kreisbahn; ihr zunächſt ſteht in dieſer Beziehung die paraboliſche, hierauf folgt die elliptiſche und zuletzt die hyperboliſche. Im Falle ſehr geringer Abweichung der elliptiſchen Bahn von der kreisförmigen oder paraboliſchen wählt man daher gern eine dieſer beiden Formen, wenigſtens als erſte Näherung, da wir doch faſt in allen Fällen genöthigt ſind, uns der Wahrheit ſtufenweiſe zu nähern.

Jede Bahn liegt in einer beſtimmten — wenn gleich nicht ganz unveränderlichen — Ebene, welche durch den Centralpunkt der Bewegung geht. In dieſem Punkte durchſchneiden ſich alſo alle Bahnebenen der ſecundären Körper eines Syſtems. Je zwei dieſer Ebenen haben aber nicht allein dieſen Punkt, ſondern eine Linie (die Durchſchnitts- oder Knotenlinie) mit einander gemein, und ihre gegenſeitige Lage iſt beſtimmt, wenn man die Richtung dieſer Linie und den Winkel, den beide Ebenen an derſelben einſchließen (die Neigung) angiebt. Für unſre Rechnungen genügt es im Allgemeinen, nur die Beziehungen jeder Bahnebene zu einer Grundebene feſtzuſtellen, nemlich zur Ebene der Erdbahn. Jeder Körper, der nicht etwa in dieſer Ebene

ſelbſt läuft, wird ſich in dem einen Theile ſeiner Bahn nördlich, in einem andern ſüdlich der Erdbahn befinden, und man nennt den Punkt, wo er aus der ſüdlichen Lage in die nördliche übergeht, den aufſteigenden Knoten, der ſtets dem niederſteigenden gegenüberliegt, alſo 180° von ihm entfernt iſt *).

Knoten und Neigung ſind alſo zwei nothwendige und zugleich von einander unabhängige Grundbeſtimmungen. Iſt nun die in Rede ſtehende Bahn kreisförmig, ſo wird man außerdem noch die Periode (Umlaufszeit), den Abſtand vom Centralkörper und für eine beliebige Zeit den Ort zu beſtimmen haben, wo der Körper ſich in der Bahn befand. Dieſe fünf Data würden alſo als die Elemente einer Kreisbahn, d. h. die Grundbeſtimmungen, aus welchen alles Andre abgeleitet werden kann, bezeichnet werden müſſen. Da indeß die Umlaufszeit (bei gleichem Centralkörper) vom Abſtande abhängt, ſo bilden dieſe beiden Beſtimmungen nur Ein unabhängiges Element, und die Kreisbahn hat alſo deren vier. — In der paraboliſchen Bahn haben wir außer den ganz allgemeinen, Neigung und Knoten, den kleinſten Abſtand von der Sonne (Perihel), die Zeit des Durchgangs durch daſſelbe und die Richtung der von der Sonne zum Perihel gezogenen geraden Linie [Länge **) des Peri-

*) Beſtimmungsſtücke (Elemente) ſind von einander unabhängig, wenn mit der Veränderung des einen nicht nothwendig eine Veränderung des andern verbunden iſt.

**) Es iſt ein übler Umſtand, daß wir im Deutſchen nicht, wie die Franzoſen, longitude und latitude (die Polarcoordinaten) von longueur und largeur (den Raumdimenſionen) unterſcheiden können. So viel als möglich vermeidet es daher der Aſtronom, dieſe Ausdrücke in letzterem Sinne, dem des gemeinen Lebens, zu gebrauchen, da ſie ihm in erſterem durchaus unentbehrlich ſind. Länge iſt alſo (wo nicht ausdrücklich etwas Andres bemerkt wird) ſtets

hels], alſo fünf Elemente. — In der Ellipſe endlich hat man die vier, welche in der Kreisbahn vorkommen, und außerdem noch die Richtung der großen Axe (gleichfalls Länge des Perihels genannt) und den Abſtand des Brennpunktes vom Mittelpunkte, oder vielmehr deſſen Verhältniß zur halben großen Axe, alſo die Excentricität, was ſechs Elemente giebt. —

Die hyperboliſchen Elemente ſind die fünf paraboliſchen mit Zuziehung der Excentricität, mithin gleichfalls ſechs.

Man kann nun annehmen, daß, wenn die Zahl der zu beſtimmenden Elemente ſich um eins vergrößert, nicht allein die Arbeit des Berechnens ſich mehr als verdopple, ſondern auch eine größere Maſſe von Beobachtungen und eine größere Genauigkeit derſelben erfordert wird. Bei dem gewöhnlich raſchen Verſchwinden der Kometen und der Unbeſtimmtheit ihrer Form und Begrenzung iſt es aber ſchwer, der letzteren Bedingung in hinreichendem Maße Genüge zu leiſten. Der Komet wird irgendwo, und häufig an einem nicht ſehr vortheilhaft gelegenen Punkte der Erde, entdeckt. Könnte die Nachricht raſch genug zu entlegenen Sternwarten gelangen, ſo würde man ihn dort aufſuchen und ſo lange verfolgen, als er der Erde überhaupt ſichtbar iſt, folglich eine größere Zahl von Beobachtungen und dieſe über einen größeren Theil der Bahn ſich erſtreckend, erhalten *). Aus dieſem Grunde ſind wir meiſtens genöthigt,

---

ein von der Frühlingsnachtgleiche, als dem Anfangspunkte, gezählter Bogen der Ekliptik, und Breite gleichfalls ein Bogen, rechtwinklicht zum erſtern und alſo den Winkelabſtand von der Ekliptik bezeichnend. — Für die andre Bedeutung beider Wörter werden wir, ſo weit dies möglich, Synonyme gebrauchen.

*) Noch nie iſt die Kunde von einem auf der Südhalbkugel entdeckten Kometen früh genug zur nördlichen gelangt und umgekehrt: ſelbſt die verſchiedenen europäiſchen Sternwarten waren ſchon

eine einfacher und leichter zu berechnende Form der Bahn anzunehmen, selbst wenn wir voraus überzeugt sind, daß sie höchstens als Näherung gelten kann. Das Kepler'sche Gesetz, daß sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die dritten Potenzen der Entfernungen verhalten (bei gleicher anziehender Masse), erlaubt uns, wie oben erwähnt, die Zahl der zu bestimmenden Elemente um eins zu vermindern, da wir sonst beim Kreise fünf, und bei der Ellipse sieben haben würden. Allein der Strenge nach müssen wir als anziehende Masse nicht die isolirt gesetzte Sonnenmasse, sondern die Summe dieser und der Masse des umlaufenden Körpers annehmen, mithin das Quadrat der Umlaufszeit erst mit $1 + m$ multipliciren (m ist die Masse des Planeten, wenn die der Sonne 1 ist, und in allen Fällen ein kleiner Bruch), bevor wir sie der dritten Potenz der Entfernung proportional setzen können. (Masse ist hier das Kraftquantum, mit welchem ein Körper auf andre wirkt, also durchaus nichts Qualitatives.) Die Bestimmung dieser Masse m ist also den obigen Elementen noch hinzuzufügen. Doch ist m bei allen Kometen und bei vier Planeten so klein, daß es noch nicht gelungen ist, irgend einen Null übersteigenden Werth für dieselben nachzuweisen; mit andern Worten, es hat sich noch keine Kraftäußerung dieser Körper auf andre

---

oft in den wichtigsten Fällen nicht im Stande, einander rechtzeitig Nachricht zu geben. So ist der große schöne Komet von 1843 für die russischen Sternwarten verloren gegangen, was wahrscheinlich nicht der Fall gewesen wäre, hätte ein europäisches Eisenbahnnetz bestanden. Die außerordentlichen Vortheile, welche unsere Kenntniß des Universums, vor Allem die Kometographie, aus der möglichsten Beschleunigung unsrer Communicationsmittel ziehen wird, sind noch nirgends gehörig gewürdigt worden. Die Eisenbahnen werden im geistigen Verkehre denselben Umschwung bewirken, den einst die Logarithmen in den Operationen des Rechners hervorbrachten.

in der Beobachtung ermitteln laſſen. Wie es alſo auch mit ihnen beſchaffen ſein möge, es bleibt uns bei unſern Rechnungen vor der Hand nichts übrig, als für ſie m gleich Null zu ſetzen, wodurch der obige Factor als ſolcher entbehrlich wird.

Die Bahnen der Planeten ſind nach dem Obigen Ellipſen, und zwar ſolche, die ſämmtlich dem Kreiſe weit näher als der Parabel ſtehen. Die kleine Axe (der kürzeſte durch den Mittelpunkt gehende Durchmeſſer) iſt von der großen ſehr wenig verſchieden, und wenn ſie in einem richtigen Verhältniſſe gezeichnet werden, ſo würde ſelbſt ein im Schätzen ſehr geübtes Auge kaum bei zweien oder dreien ohne Meſſung den Unterſchied beider wahrnehmen. Er beträgt im äußerſten Falle bei Juno nur $1/33$, bei der Erde $1/1000$, bei der Venus, wo er am geringſten iſt, $1/43000$ des Durchmeſſers der Bahn. Ohne dies in's Auge zu faſſen, wird man leicht mit dem, was man elliptiſche Planetenbahnen nennt, ganz falſche Begriffe verbinden.

Auch iſt hieraus erklärlich, wie man bis auf Kepler die Bahnen für excentriſche Kreiſe halten konnte, denn die Excentricitäten ſind allerdings viel ſtärker. Sie ſteigt für Juno auf $1/4$, für die Erde auf $1/59$, für Venus auf $1/146$ der halben großen Axe. An den Enden der großen Axe ſteht der Planet in ſeinem größten und kleinſten Abſtande von der Sonne (Aphelium und Perihelium), an den Enden der kleinen Axe in ſeinem mittleren. In dem einen Brennpunkte ſteht die Sonne, im andern nichts.

Der Punkt der Bahn, welcher mit der Frühlingsnachtgleiche zuſammenfällt, iſt der Anfangspunkt für ſeine Längen, das Aphelium dagegen Anfangspunkt für ſeine Anomalie, die alſo gleichfalls eine Länge iſt. Wahre und mittlere Anomalie unterſcheidet ſich etwa wie wahre und mittlere Zeit; erſtere iſt (in der Ellipſe) ungleichförmig, letztere gleich-

förmig (der Zeit nach) und nichts Wirkliches, ſondern nur der bequemen Rechnungsform wegen Angenommenes; und ebenſo verhält es ſich auch mit wahrer und mittlerer Länge. Die jedesmalige Breite hängt von der Neigung der Bahn und dem Abſtande vom Knoten ab. Sie iſt am größten und der Neigung ſelbſt gleich, wenn der Planet auf halbem Wege zwiſchen beider Knoten ſteht. — Das Maß des Aſtronomen für die Planetenbahnen iſt der mittlere Abſtand der Erde von der Sonne, oder eine Linie von 20,690,000 Meilen (15 auf den Aequatorgrad gerechnet), welchen Raum das Licht in 8 Minuten 18 Secunden durchläuft (beides nach den neueſten Beſtimmungen). Einen geringeren zu wählen würde (etwa bei der Meile) zu ſehr großen Zahlen führen, oder man müßte ſich mit runden Millionen begnügen. Aber ein noch wichtigerer Vortheil wird durch die Wahl dieſer Einheit erlangt: alle Zahlen in gut beſtimmten Bahnen werden dadurch zu genauen Verhältnißzahlen und participiren in dieſer Form nicht an der Ungewißheit, welche in der Meilenzahl des Erdabſtandes liegt und die auch jetzt noch gegen 80,000 Meilen beträgt.

Wird künftig der Abſtand der Erde von der Sonne noch weiter berichtigt, ſo ändern ſich in gleichem Verhältniß die in Meilen ausgedrückten Planetenabſtände, aber die Verhältniſſe ſelbſt bleiben, und ſie reichen für unſere Rechnungen nicht allein aus, ſondern ſind ſogar nothwendige Bedingung der letzteren. — Nur bei geringeren Größen, als Durchmeſſer der Weltkörper oder Abſtände der Monde von ihrem Hauptplaneten, bedient man ſich wohl der Meile, da dieſe Angaben ihrer Natur nach nicht ſo äußerſt genau ſein können und die erwähnte Ungewißheit für ſie nicht von ſo großem Belange iſt. —

Geht man über die Grenzen des Sonnenſyſtems hinaus, ſo würde man auch ſelbſt mit jenem großen Maßſtabe zu

unbequem hohen Zahlen gelangen. Deshalb bedient man ſich neben ihm häufig eines noch koloſſaleren, nemlich des Weges, den das Licht in einem Jahre zurücklegt, und der 63,310 ſolcher Sonnenweiten beträgt.

Die Bewegung in dieſer elliptiſchen Bahn iſt nun ſchon an und für ſich nicht gleichförmig, wenn man die Länge des zurückgelegten Weges betrachtet; ſie erſcheint aber noch ungleichförmiger dadurch, daß der Punkt, wo ſie ſich am ſchnellſten bewegen, dem Brennpunkte am nächſten liegt. Betrachten wir z. B. die Bahn der Juno, wo die kleinſte und größte Entfernung ſich wie 3 zu 5 verhält. Die lineäre Geſchwindigkeit in beiden Punkten ſteht, dem Kepler'ſchen Geſetze nach, im umgekehrten Verhältniß, alſo wie 5 zu 3. Für den im Brennpunkte ſtehenden Beſchauer aber wird der Winkel, unter dem beide Bewegungen erſcheinen, nicht wie 5 zu 3, ſondern wie 5 × 5 zu 3 × 3 ſich verhalten, da die Nähe den Geſichtswinkel vergrößert; und ſo wird ſich für Aphelium und Perihelium, aber auch für jeden andern Punkt der Bahn, die (Winkel-) Bewegung verhalten wie das Quadrat der Entfernung umgekehrt. — Noch Kopernikus hatte excentriſche Kreiſe mit gleichförmiger (lineärer) Geſchwindigkeit angenommen: man ſieht leicht, daß mit zunehmender Genauigkeit der Beobachtungen die Annahme ſich als unzuläſſig zeigen mußte. Von der Erde aus geſehen müſſen dagegen die ſcheinbaren Bewegungen der Planeten ſich noch verwickelter zeigen. Sie ſind ſtets aus zweien zuſammengeſetzt, der umgekehrten Erdbewegung (gleichſam dem Spiegelbilde derſelben) und ihrer eigenen; ähnlich wie die Bewegung eines am Ufer gehenden Menſchen, von einem fahrenden Schiffe aus geſehen, ſich zuſammenſetzt aus der umgekehrten des Schiffs (die man auch an allen feſten Gegenſtänden am Ufer bemerkt) und der eigenen des Gehenden. Man würde daher auch bei gleichförmi-

gen Kreisbahnen der Erde und des Planeten bald ein Rück-, bald ein Vorwärtsbewegen wahrnehmen, je nach dem Winkel, den beide Bewegungen mit einander machen. Nur würde ſich in den Perioden dieſes Vor- und Rückwärtsgehens eine Symmetrie zeigen, die wir jetzt vermiſſen, da ſich andre Ungleichheiten, deren zum Theil bereits Erwähnung geſchehen, damit verbinden.

Rechtläufig nennt man die Bewegung, welche der Zeichenfolge der Ekliptik entſpricht, rückläufig die entgegengeſetzte. Sonne und Mond ſind für unſern Anblick ſtets rechtläufig, und nur die Geſchwindigkeit dieſer Bewegung bleibt ſich nicht ganz gleich. Sind Sonne, Erde und Planet S, E, P, ſo wird in der Aufeinanderfolge PSE der Planet rechtläufig, in denen SEP und SPE aber rückläufig ſein, in den meiſten intermediären Lagen rechtläufig.

Die zweite der angegebenen Lagen kommt nur bei Planeten vor, die entfernter als die Erde von der Sonne ſtehen, die dritte nur bei näher ſtehenden.

Man nennt dieſe Lagen obere Conjunction, Oppoſition, untere Conjunction; der Zuſatz obere iſt überflüſſig bei Conjunctionen derjenigen Planeten, die nie in untere kommen. Die Rückkehr zur gleichen Lage in Bezug auf Erde und Sonne, alſo z. B. die Zeit zwiſchen zwei Oppoſitionen, heißt ſynodiſcher Umlauf; man erhält ihn, wenn man den wahren Umlauf der Erde mit dem des Planeten multiplicirt und das Product durch den Unterſchied beider dividirt. So iſt der Umlauf der Venus $^5/_8$ des Erdumlaufs, die Differenz iſt alſo $^3/_8$, der Quotient $^5/_3$ Jahre der Erde. Nach der oben gemachten Bemerkung gilt dieſe Regel indeß nur für die mittleren Zwiſchenzeiten.

In der nachfolgenden Tafel ist zusammengestellt

	der wirkliche Umlauf,		der synodische Umlauf,		die Dauer der Rückläufigkeit.
Mercur	87 T. 23 St.		115 T. 21 St.		22 Tage
Venus	224 " 17 "		583 " 22 "		42 "
Erde	365 " 6 "		—		—
Mars	686 " 23 "		780 " 0 "		71 "
Vesta	1,325 " 12 "		504 " 5 "		88 "
Juno	1,593 " 2 "		473 " 22 "		98 "
Ceres	1,684 " 18 "		466 " 9 "		104 "
Pallas	1,686 " 7 "		466 " 6 "		104 "
Jupiter	4,332 " 14 "		398 " 22 "		119 "
Saturn	10,759 " 5 "		378 " 2 "		137 "
Uranus	30,686 " 20 "		369 " 16 "		151 "

Alles in mittleren für gegenwärtige Zeit geltenden Werthen.

Es ist leicht ersichtlich, daß ein Planet in den Oppositionen um Mitternacht im obern Meridian erscheint und sowohl deshalb, als wegen der dann stattfindenden größten Erdnähe, am besten sichtbar ist, in den Conjunctionen dagegen kein Planet gesehen werden kann. Für die Planeten Venus und Mercur, wo blos Conjunctionen abwechseln, muß man daher die intermediären Lagen wählen, am besten die Zeit ihrer größten Ausweichungen, d. h. ihres größten scheinbaren Abstandes von der Sonne. Bei Mercur ist diese im mittleren Durchschnitt 23 und höchstens 28 Grad, deshalb ist derselbe besonders in höheren Breiten schwer zu sehen. Kopernikus klagte noch auf seinem Sterbebette, daß er ihn nie gesehen, und auch bei den Alten ist von ihm später die Rede, als von Venus und den übrigen größeren Planeten.

Die Bahnen der vier kleinen, zwischen Mars und Jupi-

ter kreiſenden Planeten zeigen eine merkwürdige Eigenthümlichkeit. Alle andern laſſen, auch auf einer und derſelben Ebene projicirt, beträchtliche Räume zwiſchen ſich, und in dem Wachſen dieſer Zwiſchenräume bei zunehmender Entfernung läßt ſich ſogar einigermaßen ein Geſetz nachweiſen. Jene vier Bahnen aber durchſchlingen einander, ſo daß ſie, aus ſoliden Metallringen nachgebildet, ſich nicht aus einander herausheben laſſen, ohne gleichwohl ſich im Raume irgendwo zu berühren. Es iſt dies Folge ihrer ſtarken Excentricitäten und Neigungen und der verſchiedenen Lage ihrer Perihelien und Knoten, bei geringer Verſchiedenheit ihres mittleren Abſtandes.

Die Bahnen der Kometen ſind Ellipſen, welche der Parabel näher als dem Kreiſe ſtehen, wenn ſich nicht gar wirklich paraboliſche oder hyperboliſche unter ihnen finden. Der am wenigſten vom Kreiſe abweichende, der Biela'ſche, hat gleichwohl ein Axenverhältniß von 3:5, der Halley'ſche 2:9, der Komet von 1680 1:80. Hieraus kann man ſchon ſchließen, daß die Excentricitäten der Einheit ſehr nahe kommen werden; ſie betragen bei den drei genannten $^{4}/_{5}$, $^{30}/_{31}$, $^{68571}/_{68572}$. Daraus ergeben ſich enorme Differenzen der Geſchwindigkeit; der zuletzt genannte z. B. bewegt ſich im Perihelio in der Secunde 53 Meilen, im Aphelio 11 Fuß, und die Winkelgeſchwindigkeit, bezüglich zur Sonne, iſt im erſteren 16,130,000,000 Mal ſtärker als im letzteren.

Die Lücke zwiſchen der am meiſten excentriſchen Planetenbahn und der am wenigſten excentriſchen Kometenbahn iſt noch immer ſehr groß, und vorausgeſetzt, daß wir keine neuen Körper kennen lernen, welche ſie ausfüllen, reicht dieſer Umſtand allein ſchon hin, einen weſentlichen Unterſchied feſtzuſtellen. Denn wie wenig wir auch über die eigenthümliche

Natur der Planeten und Kometen Sicheres wiſſen mögen, ſo bleibt doch ſo viel ausgemacht, daß der Abſtand vom Quell des Lichts und der Wärme ein entſcheidendes Moment für alle Naturverhältniſſe ſei; wo alſo ſolche Differenzen des Abſtandes vorkommen, da müſſen wir auf Wechſel gefaßt ſein, für welche die Planeten gar kein Beiſpiel darbieten. Auch deuten die großen Veränderungen in der Geſtalt und im Volum der genauer beobachteten Kometen deutlich auf ſolche Umformungen hin, die auch veranlaſſen, daß man die Kometen bei ihrer etwaigen Wiederkehr nie an der beſondern Geſtalt, ſondern einzig an der Gleichheit oder doch Aehnlichkeit der Bahnelemente erkennt, während umgekehrt jeder Planet ſich durch eine bleibende Eigenthümlichkeit meiſt ſchon dem bloßen Auge verräth. — Von den meiſten Kometenbahnen können wir nur das kleine Stück, welches unſre Beobachtungen umfaſſen, wirklich berechnen; keinem einzigen vermag das Rohr in ſeine Sonnenfernen, ja ſelbſt nur über die Jupitersbahn hinaus, zu folgen. Umlaufszeiten, wie wir ſie bei den Planetenbahnen finden, zeigen nur wenige, während andre Jahrtauſende gebrauchen und die meiſten noch gar nicht in Bezug auf dieſe erforſcht ſind. Drei Umlaufsbahnen ausgenommen, wird in allen übrigen die Beſtätigung durch wirkliche Wiederkehr noch erwartet; einige dieſer Erwartungen ſind ſogar ſchon fehlgeſchlagen, was freilich ſehr wahrſcheinlich durch ein zufälliges Verborgenbleiben erklärt werden kann. Wiewohl auch die Planetenbahnen nicht ganz unveränderlich ſind, ſo ſind es die der Kometen doch noch ganz unvergleichbar mehr, was ſowohl mit ihrer großen Excentricität, als mit Anomalien andrer Art zuſammenhängt. Denn für die Planetenbahnen läßt ſich außer mancher andern Verwandtſchaft insbeſondere eine Grundebene angeben, von welcher ſie mit einer einzigen etwas erheblichen Ausnahme (Pallas)

nur wenig abweichen; den Kometenbahnen ist jede Richtung gleichgültig, und sogar ein wirkliches Rückwärtslaufen etwas ganz Gewöhnliches: sie haben in Bezug auf ihre Austheilung gar nichts mit einander gemein, und der Schluß, den man bei den Planetenbahnen aus der nahen Uebereinstimmung der Bahnebenen und anderer Umstände auf einen gemeinschaftlichen Ursprung gemacht hat, ist für Kometen ohne Beweiskraft.

Wir müssen zwar eingestehen, daß mehrfache innere Hindernisse auch in Zukunft zur Folge haben werden, daß die Kometenbahnen nie so gut als die der Planeten erforscht werden können; allein gleichwohl ist unsre, im Vergleich zu andern Theilen der Himmelskunde, so dürftige Kenntniß der Kometenbahnen — und der Kometen selbst — die schwere Schuld der Vernachlässigung oder besser der falschen Richtung früherer Zeiten. Warum hat man für sie nicht gethan, was man doch für andre Himmelskörper zu thun nicht unterließ, wenigstens versuchte — ihren jedesmaligen Ort zu bestimmen? Auch selbst die rohen Angaben, welche die alexandrinische Sternwarte liefern konnte, ja selbst noch unvollkommnere würden für uns unschätzbar sein, wären sie nur überhaupt vorhanden! Einige dürftige, den Chinesen abgeborgte Daten sind Alles, was wir besitzen — d. h. wissenschaftlich Brauchbares besitzen, denn die Anzahl der Schriften, welche von ihnen handeln, ihr schreckenerregendes Ansehen, ihre feurigen Schwerter und Ruthen, die Länder, welche sie bedroht, die Calamitäten, welche ihnen gefolgt und nicht gefolgt sind, weitläufig beschreiben, heißt Legion. Wie gern vertauschten wir sie alle gegen eine Octavseite wirklicher Beobachtungen!

Die — wie wir in der historischen Uebersicht gesehen haben — allmählig eingetretene bessere Zeit wird unsern Nachkommen zum Nutzen gereichen. Sie werden unsern Jahr-

hunderten den Vorwurf nicht machen, den wir den früheren bis zum 16. hinab nicht erlaſſen können. Zwar werden auch uns allerdings noch manche — vielleicht die meiſten möglicherweiſe ſichtbaren — entgehen: ein Beweis, daß ein fraglicher Komet in unſerer Zeit nicht da geweſen, wird auch aus den jetzigen Beobachtungen nicht geführt werden können; dies iſt wohl einer noch weit entfernten Epoche vorbehalten. Jetzt müſſen wir die meiſten und gerade die intereſſanteſten Fragen ablehnen oder mit Muthmaßungen beantworten, und die ſehr beträchtliche Erweiterung unſers Sonnenſyſtems durch die Kometen (auf eine mindeſtens 40fache Uranusdiſtanz), die wir ihnen verdanken, iſt eine ungeheure terra incognita. Die Tafeln der Kometenbahnen liefern uns merkwürdige Beiſpiele. Der bereits oben angeführte von 1680 kam am 18. December Mittags der Sonne ſo nahe, daß er nur um den ſechsten Theil ihres Durchmeſſers von ihrer Oberfläche entfernt war. Ob die Rechnung, daß er eine Hitze gleich der 2000fachen des glühenden Eiſens dabei empfunden habe, richtig iſt, mögen uns diejenigen ſagen, die ganz genau Thermometer-, Barometer- und wer weiß was ſonſt noch für Meterſtände auf den verſchiedenen Planeten und Monden anzugeben wiſſen; ſo ſehr geſchadet hat ſie ihm nicht, denn er ſah nach ſeiner Rückkehr ziemlich eben ſo aus, als da er dieſe Feuerprobe noch nicht beſtanden hatte.

Ein andrer, der uns mit einem ſehr nahen Beſuche beehrte (er blieb nur etwa 7 Mal weiter entfernt als der Mond), der von 1770, und der eine Umlaufszeit von $5^5/_8$ Jahren haben mußte, hat ſich nicht wieder ſehen laſſen, in Folge eines noch nähern Beſuchs bei dem mächtigen Jupiter, der ihm eine ganz andre Bahn anwies, wenn er ihn nicht gar — wie Gruithuyſen behauptete — als Vaſallen feſtgehalten hat. Wir haben kürzlich durch Clauſen eine in aller Strenge durch-

geführte Berechnung ſeines Laufs in der Erdnähe erhalten: hoffentlich wird dieſer geſchickte Analyſt ſeine Arbeiten auch für die entlegenern Theile der Bahn fortſetzen und uns über das fernere Schickſal dieſes kühnſten aller Kometen genauere Auskunft ertheilen. Der Encke'ſche iſt unter allen am genaueſten bekannt und er hat bereits zu merkwürdigen und unerwarteten Entdeckungen geführt; er iſt ſchon zehnmal wiedergekehrt, diejenigen Epochen ungerechnet, bei denen er nicht aufgefunden ward. Der Biela'ſche, gleichfalls ſchon dreimal beobachtet und in $6\frac{3}{4}$ Jahren wiederkehrend, entbehrt noch eines ſolchen Berechners; auch über die letzte Erſcheinung des Halley'ſchen iſt außer dem vorläufigen Reſultat noch nichts bekannt gemacht worden; er wird Anfangs des Jahres 1912 zum ſiebenten Male wiederkehren (gleichfalls nur die ganz gewiſſen Erſcheinungen gezählt, denn die Muthmaßungen reichen gegen 2000 Jahr hinauf).

Der große von 1811 mag etwa zur Zeit des trojaniſchen Krieges zum vorletzten Male erſchienen ſein. Von Agamemnon bis Napoleon iſt viel auf Erden vorgegangen — wie wird ſie ausſehen, wenn er 4700 n. Chr. wiederkehrt? — Die Identität der Kometen von 1264 und 1556 müßte ſich um 1848 beſtätigen; Gewiſſes läßt ſich darüber nicht behaupten.

Eine wirklich paraboliſche oder hyperboliſche Bahn könnte den Namen Umlaufsbahn nicht führen: beide Curven gehen mit ihren Aeſten in's Unendliche fort. Eine Rückkehr zur Sonne wäre alſo auch in den entfernteſten Zeiten hin nicht möglich und der Komet müßte endlich aus dem Gebiet der Sonne in das eines andern Fixſterns treten und ſich in einer neuen Parabel oder einem andern Kegelſchnitt um dieſen ſchwingen. Die Sache wird ſehr unwahrſcheinlich, wenn man erwägt, wie ungemein langſam die Bewegung werden

müſſe und wie unermeßliche Fernen gleichwohl damit zurückgelegt werden ſollen. Wenn der Komet von 1680 in ſeinem Aphelio nur 11 Fuß in der Secunde — der Geſchwindigkeit eines mäßig raſchen Pferdes — fortrückt, ſo wird er in einer 500 Mal größeren (der halbe Weg bis zu α Lyrae, einem der nächſten Fixſterne) wohl nur noch die eines kriechenden Inſects haben. Und mit dieſer Langſamkeit ſollen Wege von Billionen Meilen zurückgelegt werden! Um ein ſo ungeheures Mißverhältniß annehmbar zu machen, müßten ſehr beſtimmte und abſolut zwingende Thatſachen vorliegen, die gar keinen andern Ausweg ließen, und dies iſt durchaus nicht der Fall. Ueberhaupt möchte bezweifelt werden, ob die, welche ſolche Spazierreiſen von Fixſtern zu Fixſtern als etwas gar Anmuthiges und Unterhaltendes, die Einerleiheit und Langeweile des planetariſchen Lebens angenehm Unterbrechendes gehalten haben, nach Erwägung dieſer Umſtände noch Luſt bezeigen ſollten, ſie mitzumachen.

Mit Milliarden von Erdjahren, zugebracht in jenen ewig umnachteten Himmelswüſten, ſind wahrlich die wenigen Monate einer neuen Sonnennähe zu theuer erkauft.

Wir wiſſen wohl, daß man die Sache anders aufgefaßt, und von einer „Befreiung aus den Banden der Schwerkraft" geſprochen hat, welche den Kometen, nachdem ſie der Sonnenanziehung „glücklich entwiſcht" ſeien, zu Statten kommen werde. Aber die Attraction der Sonne iſt keine feſtbannende, den raſchen lebendigen Schwung hemmende, ſondern gerade umgekehrt, je näher der Sonne, deſto freudigere Bewegung. Mercur bewegt ſich ſieben Mal raſcher als Uranus, und dies iſt nothwendige Folge des allgemeinen Geſetzes. Wohnte den Kometen noch eine beſondere, dem allgemeinen Geſetz nicht unterworfene Fortbewegungskraft bei, ſo würden ſie dieſe auch in der Sonnennähe beibehalten; oder wollte man ſelbſt an-

nehmen, ſie würde in der Nähe der Sonne durch irgend einen phyſiſchen Umſtand gleichſam gebunden und erſt allmählig frei, ſo könnten doch die Bahnberechnungen nicht mit den Beobachtungen bei wiederkehrenden Kometen übereinſtimmen, wie doch notoriſch der Fall iſt. Kurz es bleibt nichts als die Alternative: entweder das oben entworfene troſtloſe Bild ſich gefallen zu laſſen, oder die nicht geſchloſſenen Bahnen aufzugeben. Die Bahnen der Monde um ihre Hauptplaneten weichen im Allgemeinen noch weniger vom Kreiſe ab, als die der Planeten um die Sonne; denn daß ſie die letzteren mitmachen, und dadurch ihre wirklichen Bahnen im Weltraume zu Cykloiden (Radlinien) werden, brauchen wir bei der Berechnung zunächſt nicht in Betracht zu ziehen. Dieſe wird immer auf den Hauptplaneten bezogen, eben ſo wie wir die der Planeten auf die Sonne als feſten Punkt beziehen, ob wir gleich wiſſen, daß ſie ſelbſt, als Glied irgend eines höheren Syſtems, eine beträchtliche Fortbewegung im Weltraume hat. Zugleich iſt bei ihnen der ſcheinbare Ort mit geringen Modificationen auch immer der wahre, denn beim Monde unſrer Erde beobachten wir ſtets aus einem dem Schwerpunkte ſehr nahen Punkte, und bei denen der entfernten Planeten, die wir ſtets als ſehr kleine Projectionsellipſen erblicken, kommt die Bewegung der Erde nur in untergeordneten Betracht, was man leicht einſieht. Wären die Jupiters- und Saturnsmonde den früheren Jahrhunderten bekannt geweſen, ſo hätte das Kopernikaniſche Syſtem wohl nicht ſo lange auf ſich warten laſſen, und das Losreißen von dem alten Grundirrthum, alle Bewegungen im geſammten Univerſum auf die Erde zu beziehen, wäre leichter geweſen*).

*) Kopernikus wäre um den beſten Theil ſeines Ruhmes gekommen, wäre vor ihm das Fernrohr erfunden worden. Denn mit den

Indeß zeigen ſich hier ganz eigenthümliche Schwierigkeiten, von denen weiterhin die Rede ſein ſoll. Hier ſei nur erwähnt, daß die Veränderungen ihrer Elemente ganz unvergleichbar raſcher vor ſich gehen, ſo daß z. B. ein Jahr an der Bahn unſers Mondes mehr ändert als tauſend Jahre an der Bahn der Erde.

Daher iſt auch die genaue Beſtimmung der Bahn unſers Mondes ſtets eine der ſchwierigſten Aufgaben geweſen. Seine Nähe macht genaue Beobachtungen möglich, und jede nicht ſtreng richtige Theorie wird folglich Abweichungen zeigen, die eine Aufforderung zu noch weiter gehender Berichtigung ſind.

Durch ihn ſind wir mit einer Menge der wichtigſten Beziehungen bekannt geworden, die zwar alle mit ſtrenger Conſequenz aus dem Newtonſchen Geſetz abgeleitet werden können, auf die man aber gleichwohl nicht ſo leicht gekommen wäre, ohne die durch die Mondbeobachtung gegebene Anregung, darnach zu forſchen.

Wir kennen außer unſrem eignen Monde noch die 4 des Jupiter, 7 des Saturn, und eine noch nicht wohl zu beſtimmende Zahl des Uranus*). Die erſteren laufen in Bahnen, die äußerſt nahe kreisförmig ſind, ja die beiden innerſten ſind in Beziehung auf unſre Beobachtungen abſolute Kreisbahnen. Ihre wirkliche Bewegung würde daher ſehr gleichförmig ſein, wenn nicht ihre gegenſeitigen Störungen höchſt merkwürdige

---

Argumenten, welche die heutige Beobachtung darbietet, wäre auch ein mittelmäßiger Kopf darauf verfallen, ohne drei und zwanzig Jahre zu gebrauchen.

*) Herſchel I. gab zwei als gewiß und vier als muthmaßlich (denn es konnten auch kleine Fixſterne ſein); die beiden als gewiß erkannten haben Herſchel II. und Lamont wieder aufgefunden; letzterer auch noch einen dritten, wiewohl mit großer Mühe.

Anomalien bewirkten. Von denen des Saturn wiſſen wir — den 6. ausgenommen — wenig Genaues in Bezug auf ihre Bahnen. Der innerſte vollendet ſie ſchon in 22 3/5 St., die kürzeſte aller uns bekannten Umlaufszeiten. Noch weniger bekannt ſind die Bahnen der Uranusmonde, mit Ausnahme eines höchſt merkwürdigen Factums — ihre Bahnen ſtehen faſt ſenkrecht auf der Ekliptik und die Neigung geht ſogar über den rechten Winkel hinaus (102°) ſie ſind alſo retrograd.

Ihr Phaſenwechſel iſt von dem unſers Mondes faſt total verſchieden, außer wenn Uranus in der Nähe des Knotens dieſer Bahnen ſteht. Auf halbem Wege zwiſchen den Knoten ſtehen dagegen die Monde beſtändig in der Quadratur oder doch wenig davon entfernt, und das erleuchtete Stück nimmt wechſelsweiſe die obere, rechte, untere und linke Hälfte ein.

VIII.

Die Rotationen.

Eben ſo allgemein, wie die Bahnbewegungen, ſcheinen auch die Rotationen zu ſein, wenigſtens kennen wir noch keinen Körper, der einen Beweis des Gegentheils lieferte. Die Axen, um welche die Rotationen vor ſich gehen, ſind in Beziehung auf den rotirenden Körper ſelbſt abſolut unbeweglich, nicht aber in Beziehung auf den Himmel, wieſehr auch hier alle Veränderungen in beſtimmte und zugleich ziem-

lich enge Grenzen eingeſchloſſen ſind. Die Punkte, wo jetzt die Pole der Erde liegen, waren die Enden der Axe ſeit es eine Erde giebt, und werden es ſein, ſo lange es eine geben wird. Aus einer von Beſſel darüber angeſtellten Berechnung geht hervor, daß alle Veränderungen, die der Erdkörper möglicherweiſe erfahren kann, die Axe noch nicht um einen Zoll zu verrücken im Stande geweſen wären, und eben dies gilt von den übrigen Planeten. Die Stellungen der Axe gegen die Bahn um die Sonne variiren allerdings etwas und können nach vielen Jahrtauſenden eine geringe Veränderung im Unterſchiede des Sommers und Winters (nicht in der Mitteltemperatur) hervorbringen.

Diejenigen, welche das allerdings merkwürdige Vorkommen foſſiler tropiſcher Gebilde in hohen Breiten der Erde erklären wollen, haben ſich nach andern als aſtronomiſchen Erklärungen umzuſehen: mindeſtens werden ſie im Sonnenſyſtem ſicherlich nichts finden, was ihren Zwecken dienen könnte. Auch iſt man in der Geologie und Klimatologie noch gar nicht einig darüber, was denn eigentlich zu erklären ſei, und ſo wird der Aſtronom um ſo eher auf eine Vertagung der Frage antragen können, da man doch wohl nicht verlangen wird, er ſolle für die widerſprechendſten Annahmen gleichzeitig Nachweiſe zur Hand haben. Ferner ſind alle Rotationen gleichförmig, vielleicht mit einer (jedenfalls ſehr geringen) Ausnahme für die gegen ihre Hauptplaneten verlängerten Monde, und für alle Zeiten dieſelben. Es läßt ſich nachweiſen, daß die Rotation der Erde ſeit Hipparch, d. h. ſeit 2000 Jahren, auch nicht um den 200. Theil einer Zeitſecunde ab- oder zugenommen haben könne, und Laplace hat hieraus weiter den Schluß gezogen, daß die Erde im Ganzen ſeit jener Zeit auch nicht um eine Kleinigkeit wärmer oder kälter geworden ſein könne. Ein Geſetz für die

Dauer der Rotationen hat ſich noch nicht gefunden; wäre die Dichtigkeit der Weltkörper, von der Oberfläche nach dem Centro zu, gleichförmig, ſo würde ſich ein beſtimmtes Verhältniß zwiſchen den Rotationszeiten, den Abplattungen und den Dichtigkeiten aufſtellen laſſen. Annähernd richtige Formeln hat man zwar ſchon mehrere verſucht, aber ohne gründlichen theoretiſchen Nachweis und ohne daß ſie ſich durch ſpäter gemachte Erfahrungen bewährt hätten.

Wahrſcheinlich ſind die Rotationen eben ſo urſprünglich als die Umlaufsbewegungen ſelbſt, und hängen mit ihnen nothwendig zuſammen. Wenigſtens läßt ſich auf mehrfache Weiſe darthun, daß ein um die Sonne laufender Körper, der von dieſer Wärme und Licht empfängt, nicht ohne eine beſtimmte Rotation ſich erhalten könne, ſelbſt wenn er anfangs keine, oder eine viel langſamere gehabt hätte.

Man denke ſich z. B. unſere Erde anfangs nicht rotirend, ſo werden Tag und Sommer, ſo wie Nacht und Winter zu identiſchen Begriffen. Wo die Sonne ſo eben aufgeht, fängt der Sommer an, und iſt der Moment der größten Kälte, denn eine ſechsmonatliche Nacht iſt vorhergegangen, am gegenüberliegenden Untergangspunkte herrſcht dagegen beträchtliche Wärme. Kälte aber zieht zuſammen und vergrößert dadurch die relative Schwere; der Punkt, wo die Sonne aufgeht, iſt folglich ſchwerer als der entgegengeſetzte, er muß alſo mehr als dieſer zur Sonne gravitiren, was eine Rotation und zwar in dem Sinne, wie ſie gegenwärtig ſtattfindet, zur nothwendigen Folge hat.

Wir geben dieſe Erklärung nur, um in der Kürze zu zeigen, daß Rotation ſein müſſe, nicht um zu behaupten, daß dies die ausſchließliche Urſache ſei. Denn die Rotation der Sonne, die eigenthümliche der Monde und die Neigungen der Axen gegen die Bahn zeigen zur Genüge, daß auch andre

Urſachen, und zwar urſprünglichere, mitgewirkt haben, und das oben berührte Verhältniß trägt vielleicht nur dazu bei oder hat dazu beigetragen, die Rotationen gleichförmig und unveränderlich zu machen. Die Sonne rotirt in 25 1/2 Tagen, die 4 der Sonne nächſten Planeten jeder in etwa 24 Stunden, die großen entfernteren in etwa 10—11 Stunden, von den mittleren, neu entdeckten, wiſſen wir in dieſer Beziehung nichts. Die Monde rotiren in derſelben Zeit, in welcher ſie ſich um ihren Hauptplaneten drehen, würden ihm alſo bei einem gleichmäßigen Kreislaufe und einem Zuſammenfallen der Bahn- und Rotationsebene ſtreng genommen ſtets dieſelbe Seite zuwenden, was näherungsweiſe wirklich der Fall iſt. Aus den Beobachtungen läßt ſich dies zwar nur für unſere eignen, die 4 Jupiters-, und den ſiebenten Saturnsmond darthun, es iſt aber ſehr wahrſcheinlich, daß es für die übrigen auch ſtattfinde. Bei den Kometen läßt ſich allerdings keine Rotation nachweiſen; ihre Durchſichtigkeit, verbunden mit ihrer nebligen Umhüllung, kann uns nichts von Phaſen zeigen. Auch hat Beſſel am Halley'ſchen Kometen eine Erſcheinung wahrgenommen, die nicht auf Rotation, ſondern auf eine Pendelſchwingung deutet, und die eine Periode von 4 3/5 Tagen hat. Wahrſcheinlich vereinigen ſich in einem Kometen, bei ſeinem faſt gänzlichen Mangel an Cohäſion der einzelnen Theile, ſehr verſchiedene Bewegungen, daher die eben ſo raſchen als beträchtlichen Veränderungen ſeiner Form und Größe. Die Fixſterne ſcheinen gleichfalls zu rotiren, wenigſtens erklärt man ſich dadurch die periodiſchen Lichtveränderungen mehrerer derſelben.

Am directeſten überzeugt man ſich von einer ſtattfindenden Rotation, wenn man wirkliche Flecke auf der Oberfläche eines Weltkörpers wahrnehmen kann, welche regelmäßig ſo

fortrücken, wie eine Rotation es fordert. Sind dieſe Flecke an ſich ſelbſt unveränderlich, ſo läßt ſich die Rotationsperiode mit faſt abſoluter Genauigkeit ableiten, ſind ſie es nicht, ſo muß man mit einer Annäherung zufrieden ſein. Auf dieſe Weiſe haben wir für Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter und Saturn die Rotationsperioden beſtimmt.

Bei Weltkörpern, die einen Wechſel der Lichtgeſtalt zeigen, und deren Oberfläche hinreichend große Unebenheiten enthält, kann man auch aus den Ungleichheiten des elliptiſchen Bogens, der Tag und Nacht trennt, (wenn man nemlich die ähnliche Ungleichheit periodiſch wiederkehren ſieht) die Rotation beſtimmen; dies hat man bei Mercur und Venus verſucht.

Wo man zwar keine Flecke (wegen zu kleinen ſcheinbaren Durchmeſſers des Weltkörpers) wahrnehmen kann, doch aber eine periodiſche Ab- und Zunahme des Glanzes bemerkt, für welche ſich keine andre genügende Erklärung findet, da läßt ſich ebenfalls mit hoher Wahrſcheinlichkeit auf eine Rotationsperiode ſchließen. Beiſpiele ſind die erwähnten Jupiters- und Saturnsmonde. —

Wo weder ein hinreichend deutlicher Fleck, noch ein periodiſcher Lichtwechſel wahrgenommen wird, bleibt die Dauer der Rotation unbekannt. — Zwei Rotationen haben die Aſtronomen lange in Verlegenheit geſetzt: die der Venus und die des Saturnringes. Man kann beide Controverſen jetzt als beigelegt betrachten; beide aber ſind ein merkwürdiges Beiſpiel, wie ſehr man ſich vor raſchen Schlüſſen aus unvollkommenen oder vieldeutigen Beobachtungen, und mehr noch vor Verdächtigungen andrer, ſcheinbar widerſprechender, hüten muß. Caſſini I. beſtimmte in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts durch ſeine großen Fernröhre die Rotation der Venus auf 23 St. 15 Min.; Bianchini im

Anfange des 18. auf 24 Tage 8 Stunden. Unmöglich konnten beide der Wahrheit nahe ſtehen, ſondern in der einen mußte mehr als ein bloßer Fehler, es mußte ein vollſtändiger Mißverſtand zum Grunde liegen. Caſſini hat das Detail ſeiner Beobachtungen uns nicht ganz vollſtändig gegeben, wohl aber Bianchini, der mehrere Figuren von Venusflecken zeichnete, die faſt alle längs der Lichtgrenze geſehen worden waren und ſich auch faſt parallel mit dieſer bewegt haben ſollten. Hieraus wäre nicht allein die obige ſonderbare Periode, ſondern auch eine Lage der Axe gefolgt, die faſt mit der Bahnebene zuſammenfiel, ſo daß der Aequator der Venus nahe ſenkrecht auf ſeiner Bahn geſtanden hätte — wie man es vom Uranus vermuthet. — Beide Aſtronomen hatten in Italien beobachtet, und ſpäter war es Niemandem gelungen, Venusflecke wieder zu ſehen. Um den Streit zu beenden, verſuchte man, wie oben erwähnt, die Ungleichheiten der Lichtgeſtalt, insbeſondere der Hörnerſpitzen, zu beobachten, welche (freilich nicht mit völliger Sicherheit) das Caſſini'ſche Reſultat beſtätigten.

Eben ſo hatte Herſchel I. nach langer vergeblicher Bemühung endlich einige überaus ſchwache Flecke wahrgenommen, die ihm kein beſtimmtes Reſultat lieferten, ihm aber doch die Bianchini'ſche Periode als eine höchſt unwahrſcheinliche darſtellten. Der Streit, der durch Huſſey's Abhandlung on the rotation of Venus, worin er nicht allein Caſſini's Schlußfolgerung, ſondern auch ſein und ſeines Sohnes wiſſenſchaftliche Glaubwürdigkeit zu verdächtigen ſuchte, faſt ein perſönlicher geworden wäre, iſt nun endlich dadurch entſchieden, daß es de Vico und ſeinen Mitbeobachtern in Rom gelungen iſt, Venusflecke mit Beſtimmtheit und hinreichend oft wahrzunehmen, die ihm ganz unzweifelhaft eine der Caſſini'ſchen nahe kommende Periode gaben. Wahr-

ſcheinlich hat der hochverdiente Bianchini — gegen den alle übrigen wirklichen Beobachter ſprechen — nicht ſowohl Flecke, ſondern vielmehr den Abfall des Lichts gegen die Erleuchtungsgrenze hin, der ſich ſtets als eine leichte Schattirung zeigt, mit welchem ſich vielleicht ein und der andre Fleck vermiſchte, und wozu ſich auch noch das Farbenſpiel in ſeinen nicht achromatiſchen Ferngläſern geſellen mochte, wahrgenommen.

Der zweite Differenzpunkt betraf den Saturnsring. Herſchel I., dem wir ſo viele ähnliche Unterſuchungen der ſchwierigſten Art verdanken, beſtimmte die Rotation des Saturn ſelbſt auf 10 St. 16 Min. und die des Ringes auf $20^h\ 32'$; die erſtere aus einem großen dunkeln (aber ſehr verwaſchenen) Flecken auf der Kugel, die zweite aus knotenähnlichen Punkten am Ringe; beides nur rohe Näherungen und um mehr als ihren Unterſchied ungewiß.

Schröter fand für Saturn ſelbſt ein ähnliches Reſultat; für den Ring aber glaubte er wahrzunehmen, daß zu der Zeit, wo er ſich für uns ſehr verengert und faſt ſchon in eine gerade Linie zuſammenfällt, ſich zwei feſte Lichtpunkte auf ihm zeigten und daß er alſo gar nicht rotire. Gegen ein ſolches Reſultat nun mußte ſich die Theorie ſträuben. Es wollte ſich keine Möglichkeit zeigen, einen frei ſchwebenden und nicht rotirenden Ring im Gleichgewicht zu erhalten und ein Mittel zu erdenken, ihn nicht auf Saturn herabſtürzen zu laſſen, bei der geringſten Störung von außen.

Schwebt er aber nicht frei, iſt er auf irgend eine Weiſe durch ein uns nicht erkennbares Medium an die Saturnskugel gebunden und ein integrirender Theil derſelben, ſo mußte er ja um ſo mehr die gleiche Rotation haben, wie Saturn ſelbſt. — Der Streit iſt nicht durch neue Beobach-

tungen, ſondern durch eine ſinnreiche Erklärung des berühmten Olbers entſchieden worden. Er zeigte, daß zur Zeit der größten Verengerung des Ringes diejenigen Stellen, welche optiſch die breiteſte ungetheilte Fläche darbieten, heller als die übrigen ſowohl nach den Enden, als nach der Mitte zu liegenden, leuchten müßten, und daß dies gerade diejenigen Stellen ſeien, welche Schröter wahrgenommen hatte. Uebrigens ſpricht die höchſte Wahrſcheinlichkeit dafür, daß der Ring frei ſchwebe und dabei doch mit Saturn die gleiche Rotationsperiode habe.

Mit den Rotationen ſtehen die Abplattungen in nothwendigem Zuſammenhange. Jede nicht vom erſten Urſprunge an abſolut feſte Kugel muß durch den Umſchwung zum Sphäroid (abgeplatteten Kugel) werden. Nun iſt wenigſtens die Erde auch jetzt nicht abſolut feſt (denn der größte Theil ihrer Oberfläche iſt oceaniſch) und ſie war dies im Anfange wohl noch viel weniger. Man kann den Verſuch mit einer weichen Thonkugel machen, die man um ihre Axe ſchwingen läßt. Je ſchneller die Rotation, deſto ſtärker die Abplattung, daher ſind Jupiter und Saturn weit mehr als die Erde abgeplattet, Mond und Sonne dagegen weit weniger. Auf dieſe Anſicht geſtützt, konnte Newton, gegen das von den franzöſiſchen Geometern aufgeſtellte Reſultat, behaupten, die Erde ſei abgeplattet, ja er konnte ſogar das Verhältniß beſtimmen, in welchem Axe und Aequatordurchmeſſer zu einander ſtänden, nemlich 230 und 231, falls die Erde gleichförmig dicht ſei. Wäre ſie dies nicht, und z. B. gegen die Mitte ſtärker verdichtet, ſo ſei die Abplattung kleiner; im umgekehrten Falle (alſo z. B. dem einer Hohlkugel) größer. Die Folgezeit hat bewieſen, wie richtig Newtons Behauptungen waren.

Somit hängt auch die Dichtigkeit und die Vertheilung

der Maſſe im Innern eines Weltkörpers mit der Rotation zuſammen. Die Verdichtung nach der Mitte zu iſt bei unſerer Erde durch wirkliche Wägungen außer Zweifel geſetzt. Nach ihnen iſt die mittlere Dichtigkeit der Erde etwa die doppelte derjenigen, welche die feſten Maſſen der Oberfläche (Sand, Kalk, Thon, Granit, Glimmer u. ſ. w.) zeigen; die Dichtigkeit des Centrums ſelbſt muß alſo noch weit größer ſein (nach Schmidt's approximativer Berechnung etwas mehr als die vierfache von der Dichtigkeit der äußern Rinde). Die directen Wägungen haben alſo nur beſtätigt, was die Theorie aus dem Abplattungsverhältniß bereits im Allgemeinen gefolgert hatte; und wir können mit ähnlicher Beſtimmtheit, und aus ganz ähnlichen Gründen, aus den Beobachtungsdaten über Abplattung, Rotation, Durchmeſſer und Maſſe für Jupiter und Saturn ſchließen, daß auch bei ihnen die Dichtigkeit von der Oberfläche nach der Mitte hin ſehr ſtark zunehme, ja wahrſcheinlich noch erheblich ſtärker als bei unſerer Erde. So hat eine conſequente Verbindung der Thatſachen, ohne einen Schatten von Hypotheſe, nicht allein das Centrum unſerer Erde erſchloſſen und uns dort einen metalldichten Kern gezeigt, dem Traume von einer großen Hohlkugel und dem eigenthümlichen Leben in derſelben ein Ende gemacht; ſondern auch ſogar in das verborgenſte Innere fremder Weltenkugeln iſt ſie eingedrungen. — Nicht blos einen Maßſtab hat der Aſtronom gefunden, auch eine Wagſchale hat er ſich zu verſchaffen gewußt.

IX.

Die Störungen.

Die absolute Zuverlässigkeit der mathematischen Disciplin ist schon Vielen ein Dorn im Auge gewesen, und sie haben gern jede Gelegenheit ergriffen, der Wissenschaft etwas anzuhängen, wo sich scheinbar eine Lücke oder Incongruenz zeigte. — Selbst Voltaire, der sich gar zu gern das Ansehen gegeben hätte, als ob er den Newton verstände, hatte gegen einige Sätze der Geometrie etwas einzuwenden. — In der Astronomie waren es namentlich gewisse Benennungen, die bei denen, welche in die Sache selbst nicht einzudringen vermochten, Anstoß erregten, und dahin gehört auch insbesondere der Name Störung (Perturbation).

Wäre jeder secundäre Körper in seiner Bewegung allein auf seinen primären angewiesen; bestände das Gesetz der Schwere blos für jeden Particularfall insbesondere und nicht allgemein für den gesammten Connex aller Weltkörper: so wäre allerdings die Arbeit des Astronomen beträchtlich erleichtert. Jede Bahn bliebe, wie sie einmal sich festgestellt hat, jeder Körper würde genau denjenigen Ort der Bahn einnehmen, den die nur auf den Hauptkörper bezogene Rechnung ihm in dieser anweist. Wir reichten, sobald die Elemente einer Bahn bestimmt wären, einfach mit den Kepler'schen Gesetzen aus, und diese lassen eine ziemlich elementare Form zu, vollends beim Gebrauch von Tafeln. So nun ist es nicht: wir müssen neben dem eigentlichen Hauptkörper auch noch die ganz ähnliche Wirkung aller andern

Körper in Betracht ziehen, und da bei der großen Anzahl derſelben dies praktiſch in unendliche Weitläuftigkeiten führen würde, eine Auswahl treffen und alle diejenigen, deren Wirkung merklich werden kann, in Bezug auf dieſe Wirkungen unterſuchen. Dieſer Umſtand nun ſtört — nicht die Ordnung der Natur, nicht die Einfachheit und Allgemeinheit des Attractionsgeſetzes, die vielmehr eben dadurch auf's Schönſte beſtätigt wird — ſondern nur die Bequemlichkeit und Kürze unſerer Berechnungen, und daher der gewählte Ausdruck. Die Störung iſt alſo nichts weniger als eine Verwirrung und Unordnung, ſie iſt nicht — wie Unkundige wohl gewähnt haben, — ein Nothbehelf unſerer nicht recht paſſenden Theorien, eine offen gelaſſene Hinterthür für etwaiges Nichteintreffen — ſondern ſie iſt vielmehr eine nothwendige Conſequenz, und unterliegt eben deshalb eben ſo ſtrengen Regeln als die Hauptbewegung. Nur iſt freilich ihre Entwickelung in ihrer jetzigen Vollendung ein Product der allerneueſten Zeit, und wir haben noch Vieles zu thun, bevor wir uns rühmen können, das Newton'ſche Geſetz zu einer durchaus vollſtändigen Entwickelung und Anwendung geführt zu haben. Auch iſt vorauszuſehen, daß die praktiſchen Berechnungen nicht durchaus im Stande ſein werden, Alles auf's Genaueſte mit zu berückſichtigen, ſelbſt wenn die Theorie damit völlig auf's Reine gekommen ſein ſollte." So erfordert — bis jetzt wenigſtens — die ſtrenge Berechnung der Oerter des Enckeſchen Kometen in allen ſeinen Erſcheinungen einen faſt blos für ihn allein lebenden Berechner, trotz alles Scharfſinnes in Auffindung der möglichſten Rechnungs-Erleichterungen. —

Die Störungen ſind eben ſo wie alle Veränderungen weſentliche Momente der allgemeinen Ordnung des Weltſyſtems, ſie werden voraus berechnet und rückwärts geſchloſ-

ſen, eben ſo wie die Bahnen ſelbſt; ſie ſind endlich das Mittel, eine Menge der allerwichtigſten Beziehungen zu erforſchen, die uns ſonſt ewig verborgen bleiben würden. Wir wüßten Nichts von der Maſſe und Dichtigkeit der Monde und der mondloſen Hauptplaneten, wenn ſie ihre Wirkſamkeit nicht durch dieſe Störungen beurkundeten.

Wir würden über eine der wichtigſten phyſiſchen Grundlagen, über die Schwere an der Oberfläche dieſer Körper, in Ungewißheit bleiben; mit einem Worte: wir würden weit weniger tiefe Blicke in den innern Haushalt des Univerſums thun können, wären jene Störungen nicht vorhanden, oder wären ſie ſo gering, daß unſere Beobachtungen ſie nicht verrathen könnten.

Es kann hier der Ort nicht ſein, eine Entwickelung auch nur der hauptſächlichſten Störungen zu geben, nur mögen hier einige Worte über ein Paar der leichteſten, und zugleich allgemeinſten Fälle ſtehen.

Es laufe ein Mond um ſeinen Hauptplaneten und mit dieſem um die Sonne, und beide Perioden ſollen nicht identiſch ſein (was auch theoretiſch nicht möglich wäre, weder bei unſerm noch irgend einem andern Monde). Man denke ſich nun die drei Körper in gerader Linie hinter einander, etwa Sonne, Planet, Mond; ſo wird die Sonne beide anziehen, den Planeten aber ſtärker als den Mond. Dadurch wirkt ſie derjenigen Kraft, mit welcher der Planet ſeinen Mond anzieht, entgegen, denn es iſt klar, daß, wenn etwa letztere gar nicht ſtattfände, ſie den Abſtand des Mondes vom Planeten vergrößern müßte. Zwar wird dadurch die Attraction des Planeten gegen den Mond nicht aufgehoben, wohl aber vermindert, und von der entgegengeſetzten Lage SMP gilt daſſelbe, wie man leicht einſieht. — Man denke ſich nun zweitens die drei Körper im

rechten Winkel, also $\frac{M}{SP}$ oder $\frac{SP}{M}$, so wird die Sonne beide etwa gleich stark anziehen (denn die Entfernung des Mondes vom Planeten ist höchstens $^1/_{400}$ derjenigen, in welcher die Sonne steht) aber nach verschiedenen und zwar convergirenden Richtungen, wodurch (wie vorhin abgesehen von der Anziehung des Planeten gegen den Mond) beide Körper einander genähert werden müssen. Mithin verstärkt in dieser Lage die Anziehung der Sonne noch die des Planeten. — Man sieht leicht, daß bei dieser von außen kommenden wechselsweisen Vermehrung und Verminderung der Zugkraft die Bahn nicht dieselbe Form behalten könne, die sie ohne eine solche Störung hätte, und daß also auch die Geschwindigkeit der Bewegung dadurch alterirt, und bald beschleunigt, bald vermindert werden muß. Die Thatsache, insofern sie den Erdmond betrifft, fand schon Ptolemäus, auf die Erklärung kam erst Newton.

Bei diesem Fluctuiren in Beziehung auf einzelne gegebene Punkte in der Bahn könnte gleichwohl die letztere im Ganzen, d. h. der Periode und dem mittleren Abstande nach, ungeändert bleiben, wenn etwa im Verlauf derselben Beschleunigung und Verminderung sich gegenseitig aufhöben. Die nähere Untersuchung aber zeigt, daß wenigstens in unserm obigen Beispiele dies nicht der Fall sei. Die Verminderung der Kraft ist im Ganzen doppelt so stark als die Vermehrung, folglich ist, auch durchschnittlich betrachtet, die Bahn eine andre, als sie ohnedies wäre.

Betrachten wir ein Verhältniß andrer Art. Ein Mond laufe um seinen Hauptplaneten in einer Bahn, deren Ebene eine Neigung gegen die Bahn des Hauptplaneten hat, also die Ebene der letztern in einem gewissen Punkte schneidet.

Der Mond ſtehe im Begriffe, ſich dieſem Punkte zu nähern, d. h. durch ſeinen Knoten zu gehen. Die Sonne, in derſelben Ebene ſtehend, bewirkt nun durch ihre Anziehung, daß der Mond (auch wenn er nicht ſich um den Planeten bewegte) ſich dieſer Ebene nähern muß; da er nun in ſeiner Bahn daſſelbe thut, ſo wird eins durch das andere verſtärkt, die Ebene alſo früher (und alſo auch in einem weiter rückwärts gelegenen Punkte) erreicht und durchſchnitten. Zwar iſt auch hier leicht einzuſehen, daß in andern Punkten der Bahn auch die Wirkung anders ausfallen, und ſich in ihr Gegentheil verkehren werde; gleichwohl zeigt eine nähere Unterſuchung, daß eine völlige Compenſation nicht ſtattfindet, ſondern die den Knoten rückwärts ſchiebende Wirkung ein Uebergewicht über die entgegengeſetzte hat. Dieſe wenigen Andeutungen mögen hier genügen, und wir wollen nur noch, ohne auf die ſpeciellen Urſachen einzugehen, die Wirkungen überſichtlich zuſammenſtellen, welche in die Kategorie der Störungen gehören. Die mittleren Bewegungen werden wechſelsweiſe beſchleunigt und vermindert. Jeder Planet, der in der Bahn eines andern eine Veränderung dieſer Art hervorbringt, empfindet ſeinerſeits die entgegengeſetzte Rückwirkung, ähnlich wie eine Kanone in dem Moment, wo die Kugel abgeſchoſſen wird, zurück läuft. Keineswegs aber iſt Wirkung und Gegenwirkung in Bezug auf das Reſultat, die Veränderung der Bewegung, einander nothwendig gleich, ſo wenig, als — um das erwähnte Beiſpiel feſtzuhalten — die Kanone bei ihrem Zurücklaufen gleiche Schnelligkeit mit der fortfliegenden Kugel zeigt. In gewiſſer Beziehung kann man allerdings Wirkung und Gegenwirkung gleich ſetzen, wenn man nemlich nicht die Bewegung einfach, ſondern das Product der Bewegung in die bewegte Maſſe vergleicht. Die Bewegung der Kanonenkugel,

multiplicirt mit ihrem Gewicht, ist gleich dem Gewichte der Kanone, multiplicirt mit ihrer Bewegung, und abgesehen von der Reibung am Boden und dem Widerstande in der Luft. Die auffallendste Veränderung dieser Art ist die wechselsweise Beschleunigung und Verlangsamerung der Bewegung der beiden größten Planeten Jupiter und Saturn, die eine Periode von 930 Jahren hat. Die halben großen Axen (mittleren Abstände) verändern sich, aber nur innerhalb sehr enger Grenzen und so, daß durchschnittlich dennoch dieselbe große Axe für alle Zeiten besteht. — Kein Körper nähert sich ohne Aufhören dem Centralkörper oder entfernt sich in's Unendliche von ihm; man giebt daher in den Elementen die mittleren Abstände als unveränderlich an und betrachtet die stattfindenden kleinen Veränderungen als blos partielle Störungen. — Die Richtung der Absidenlinie aller umlaufenden Körper ist veränderlich und zwar im Sinne der Zeichenfolge der Ekliptik, so daß z. B. das Aphelium der Erde, was jetzt in 280° liegt, nach Jahrhunderten in 285° u. s. w. liegen wird. — Bei unserm Monde ist diese Fortrückung eine äußerst rasche, die jährlich etwa 40 Grad beträgt. Die Lage der Knoten verändert sich im entgegengesetzten Sinne, d. h. gegen die Zeichenfolge; rascher bei den Monden, langsamer bei den Planeten und Kometen. Die Neigungen schwanken innerhalb ziemlich enger Grenzen hin und her; bezieht man sie auf die mittlere Grundebene des Sonnensystems (die nicht ganz mit der Ekliptik zusammenfällt) so können sie nur wechselsweise zu- und abnehmen, d. h. jede Zunahme der Neigung, die ein Planet in der Bahn eines andern bewirkt, führt für ihn selbst eine Abnahme herbei und umgekehrt. Für die Neigung eines jeden Planeten giebt es eine nicht zu überschreitende Grenze, und keine directe Bahn kann

retrograd werden oder umgekehrt*). Die Excentricitäten verhalten ſich ähnlich: auch ſie ſchwanken innerhalb gewiſſer Grenzen nach dem Princip der Gegenſeitigkeit, ſo daß jeder Planet, der die Excentricität eines andern vermehrt, eben dadurch ſeine eigne vermindert ſieht.

In gewiſſem Sinne iſt die Summe der Ungleichheiten für alle Zeiten dieſelbe, worunter man freilich nicht die einfach arithmetiſche der Excentricitäten oder Neigungen verſtehen muß, ſondern die Summe gewiſſer Producte aus Functionen derſelben, ſo wie der Maſſen und großen Axen.

Allein es iſt auch im Planetenſyſteme noch insbeſondere dafür geſorgt, daß ſich zu große Anomalien nirgends anhäufen können. Jupiter, der wegen ſeiner großen Maſſe (er wiegt dreimal ſo viel als alle übrigen Planeten und Monde zuſammen genommen) die ſtärkſte Wirkung auf die übrigen haben muß, hat einen andern großen Planeten gleichſam als Balancier erhalten, nemlich Saturn, nächſt ihm der größte und ihm benachbart. Im Allgemeinen werden $^{19}/_{20}$ der Wirkungen, welche Jupiter auf die Geſtaltung der Bahnen andrer Planeten ausübt, von Saturn abſorbirt; nur $^{1}/_{20}$ trifft die kleineren, die ihrer geringeren Maſſe wegen einen größeren Nachtheil von dieſen Störungen haben würden.

Die Richtungen der Rotationsaxen (in Beziehung auf den Himmel) verändern ſich gleichfalls, und dieſe Veränderung iſt mit dem bereits erwähnten Rückwärtsgehen

*) Folglich kann auch keine retrograde Kometenbahn — und etwa die Hälfte aller Kometen läuft in ſolchen — ſich jemals in eine directe verwandeln, oder jemals direct geweſen ſein; eine Schwierigkeit, die diejenigen ganz überſehen haben, welche in den Kometen werdende oder abgeſtorbene Planeten erblickten.

der Knoten analog. Denn die Rotationen ſind gleichfalls als Bahnen zu betrachten, nur daß bei ihnen die Elemente (die Knoten ausgenommen) wegen der Solidität des rotirenden Körpers unveränderlich ſind. Die Folge dieſer Richtungsänderung für die Erde iſt die, daß unſer Jahreszeitenwechſel ſich auf ein um 20 Minuten kürzeres Jahr bezieht als das iſt, was der wahre Umlauf der Erde ergeben würde. Bei allen übrigen Planeten iſt dieſe Wirkung noch viel geringer als bei der Erde; ſehr ſtark iſt ſie dagegen für unſern Mond.

Indeß ergiebt ſich noch eine andre nicht zu überſehende Folge aus dieſer Veränderung: die Lage der Pole am Himmel ändert ſich in Beziehung auf die Fixſterne, und ſo werden gewiſſen Gegenden nach Verlauf von Jahrtauſenden Sterne ſichtbar werden, die es jetzt nicht ſind, und umgekehrt. So werden z. B. den unter dem 50. Grad Nordbreite gelegenen Orten (wie beiläufig Mainz, Frankfurt, Bamberg, Eger, Prag) nach Verlauf von 12,800 Jahren a dato folgende ihnen jetzt ſichtbare Sternbilder verſchwunden ſein, und nicht mehr über ihrem Horizont ſich zeigen: Kompaß, Schiff, Einhorn, großer Hund, kleiner Hund, Orion, Haſe, Taube, Eridanus; mit den hellen Sternen Sirius, Procyon und Rigel, ſämmtlich erſter Größe. In der Zwiſchenzeit verſchwundene und alsdann wieder ſichtbar gewordene ſind: Waſſerſchlange, Luftpumpe, Wolf, Centaur; darunter Alphard als hellſter Stern. Jetzt unſichtbare und in der angegebenen Zeit ſichtbar gewordene ſind die folgenden: Kreuz, Centaur (ganz), Wolf (ganz), Triangel, Altar, Scorpion (ganz), Schütze (ganz), Indianer, Pfau, Toucan, Phönix, Kranich. — Der Aequator des Himmels wird alsdann durch folgende Sternbilder ziehen: Jungfrau, Waſſerſchlange, Wolf, Scorpion, Schütze, ſüdlicher Fiſch, Waſſermann, Fiſche, Widder, Fliege, Perſeus, Fuhr-

mann, Luchs, Löwe. — Als Polarſtern der nördlichen Halbkugel wird zur angegebenen Epoche Wega glänzen, auf der ſüdlichen der noch hellere Canopus. — Die Sternbilder der Ekliptik, welche jetzt unſere Winternächte zieren, werden alsdann in den Sommernächten, tief am Horizont, aufgeſucht werden müſſen und umgekehrt. Nach abermaligen 12,800 Jahren wird allmählig dieſelbe Ordnung, welche jetzt in dieſer Rückſicht beſteht, wiedergekehrt ſein und der Turnus auf's Neue beginnen.

Auch kleine klimatiſche Veränderungen werden für unſre Erde aus dieſen Störungen hervorgehen und ſind bereits hervorgegangen, allein, wohlgemerkt, durchaus keine ſolchen, welche die mittlere Wärme eines Orts auch nur um eine Kleinigkeit ändern. Wenn z. B. nach 10,500 Jahren das Aphelium der Erde, ſtatt, wie jetzt, mitten in den Winter der Nordhalbkugel, mitten in ihren Sommer fällt, ſo werden die Winter um ein Geringes (höchſtens 1/4 bis 1/2 Grad) ſtrenger, die Sommer um eben ſo vieles wärmer werden, während auf der Südhalbkugel das Entgegengeſetzte eintritt. Die { Ab- / Zu- } nahme der Schiefe der Ekliptik { vermindert / vergrößert } die Winter- und Sommerdifferenz gleichzeitig für beide Halbkugeln, und eben ſo die Ungleichheit der Tage. Eins wie das andre iſt (für die Erde wenigſtens) unbedeutend und überdieß an ſo enorme Perioden geknüpft, daß der geringe Eindruck, den es auf die Empfindung der Menſchen und Thiere machen könnte, dadurch völlig Null wird. Wir haben es in der Meteorologie mit ganz andern Abweichungen zu thun, die ſich in kürzeſter Friſt merklich machen und über deren zur Zeit noch unbekannte Urſache wir nur das Eine

gewiß wiſſen, nemlich daß ſie in den aſtronomiſchen Verhältniſſen nicht zu ſuchen ſind.

Indeß giebt es allerdings Weltkörper, deren phyſiſche Conſtitution ſtärkeren Einflüſſen unterliegt. So hat z. B. Mars jetzt auf ſeiner Südhalbkugel einen kurzen aber kräftig warmen Sommer und einen langen ſtrengen Winter; die Nordhalbkugel einen längern aber kühlen Sommer und einen mildern Winter. Nach Myriaden von Jahren wird das Verhältniß ſich, wie bei der Erde, umkehren, allein die Geſammtwirkung wird eine etwa ſechsmal ſtärkere als bei uns ſein.

Weit größeren phyſiſchen Anomalien ſind gewiß die Kometen unterworfen, für die aber auch ein Planet überhaupt keinen Maßſtab geben kann. Ihre Bahnen unterliegen (von Seiten der Planeten) den größten Veränderungen, die ſo weit gehen können, daß gar keine Aehnlichkeit mit den früheren Elementen übrig bleibt, ohne daß ſie die geringſte Rückwirkung zu äußern im Stande wären. Die Kometenbewohner, wenn es deren giebt, müſſen beſtändig darauf gefaßt ſein, in ganz andre Zuſtände verſetzt zu werden, für welche die früheren keine Norm geben; müſſen die ungeheuerſten Wechſel von Wärme und Kälte, Licht und Dunkelheit in regelloſer Folge dahinnehmen und demnach, wenn ſie auf ein dem unſrigen nur einigermaßen analoges Daſein angewieſen wären, in beſtändiger und zwar gerechter Furcht ſchweben, was wohl dieſer und jener Planet ihnen für eine neue Calamität bereiten und mit welchen Uebeln ſie dieſe oder jene Erſcheinung bedrohen möge. Doch ſeltſamerweiſe haben die Bewohner eines in voller Sicherheit ſchwebenden Planeten, welche eine unglückliche Neigung verrathen, ſich mit eingebildeten und ſelbſtbereiteten Uebeln zu quälen und darüber häufig genug vergeſſen, gegen die wirklichen anzukämpfen, ſich ſtatt der dafür vielleicht nicht empfänglichen Kometenbewohner ihrerſeits

gefürchtet; man ſieht nicht wohl ein, warum? — Die Kometen beſtehen — wie wir aus allen Umſtänden ſchließen müſſen — aus einem weder feſten noch gasförmigen, jedenfalls aber ſo unendlich dünnen Stoffe, daß unſere Luft vielleicht millionenfach dichter iſt. Trotz der wirklich ungeheuren Größe ihrer Nebelhülle und vollends ihrer Schweife, die nicht ſelten von einem Planeten bis zum andern reichen würden, wiegen ſie ſo viel als Nichts, wenn man auch nur die kleinſte ſolide Planetenkugel gegen ſie in die Wagſchale legt; ſie können alſo auch nichts wirken, ſelbſt nicht in dem (wahrſcheinlich ſchon mehrmals wirklich eingetretenen) Falle, daß ſie einen Planeten berührten*), ein Ereigniß, welches nur für den Kometen ſelbſt gefahrdrohend iſt. Der Ausdruck, zuſammenprallen, von ſolchen Körpern gebraucht, iſt jedenfalls ein ſehr übel gewählter. Wäre er gasförmig (dies iſt er aber nicht, er würde ſonſt die Strahlen der hinter ihm ſtehenden Sterne für unſern Anblick brechen und zum Theil abſorbiren), ſo könnte er vielleicht die Atmoſphäre durch fremdartige Beimiſchungen verderben; allein auch dies iſt nicht zu fürchten, weder für unſere Erde, noch für irgend einen andern Weltkörper.

Ueberhaupt, betrachten wir die Vertheilung der Maſſen, und die Anordnung der Bahnen des Sonnenſyſtems (und beides muß doch als etwas Arbiträres, was der Wille des Schöpfers eben ſo gut ganz anders hätte einrichten können, angeſehen werden), ſo müſſen wir uns ſagen, daß ſie deutlich die Abſicht verräth, Alles zu erhalten, Nichts zu zerſtören oder total umzuformen. Alle Körper, die ihrer

*) Nach Olbers Rechnung ging am 26. Juni 1819 die Erde durch den Schweif eines Kometen, den man einige Tage ſpäter erblickte.

Maſſe und ihrem Cohäſionszuſtande nach durch zu große Nähe, durch zu ſtark vom Kreiſe und der Grundebene der Ekliptik abweichende Bahnen andern Körpern Gefahr drohen könnten, ſind auf regelrechte, nur innerhalb enger Grenzen veränderliche Bahnen angewieſen — „bis hierher und nicht weiter!“ Alle andern, die durch die Abnormität ihrer Bahnen erhebliche Gefahr bringen könnten, ſind in einem ſolchen Grade arm an Maſſe und ſo gänzlich incohärent in ſich, daß ſie aus dieſem Grunde nichts ſchaden können. Die verſchiedenen Partialſyſteme endlich ſind in ſo große Fernen auseinander gerückt, daß Wirkungen aus dem einen in das andre hinüber beinahe durchaus verſchwinden, und jeder beſondere Haushalt, ohne Intervention eines fremden, ſeine innern Angelegenheiten ſelbſt ordnet; eben ſo wie auch die Fixſterne, ſelbſt wenn ſie bedeutend größer und maſſenhafter als unſere Sonne wären, doch bei ihrer ungeheuern Entfernung alle und jede Wirkſamkeit auf das Sonnenſyſtem verlieren müſſen. — „Gebt mir nur Materie, und ich will auch eine Welt daraus bauen,“ ſagte einſt einer der größten Denker, welche das vorige Jahrhundert erzeugte. Wir gehören nicht zu denen, welche in dieſen und ähnlichen Ausſprüchen Gotteslästerung, Atheismus und dergl. erblicken und Anklagen gegen die Philoſophie darauf ſtützen; wir freuen uns ihrer und geſtehen ſolchen kühnen Gedanken ihre volle Bedeutung und Berechtigung gern zu, was jedoch den angeführten betrifft, ſo haben wir zu erinnern, daß allerdings unzählich viele andre Anordnungen der Maſſen und Bewegungsrichtungen möglich ſind, bei denen das Sonnenſyſtem Millionen von Jahren dauern könnte, daß aber die gegenwärtig beſtehende, wenn man möglichſt größte Stabilität als Hauptzweck ſetzt, ſchwerlich von irgend einer andern erreicht, oder gar übertroffen werden möchte.

Noch höher aber muß unſere Bewunderung ſteigen, wenn wir wahrnehmen, wie, ungeachtet des ſo unverkennbaren Hinwirkens auf Ein Hauptziel, doch die Einförmigkeit durchaus vermieden iſt. Bei allen uns nur einigermaßen näher bekannten Körpern treffen wir auch auf irgend eine nur ihm zukommende Eigenthümlichkeit; nirgends hat die Natur ſich copirt; jeder große und kleine Weltkörper iſt ein in ſich ſelbſtſtändiges Individuum, und dennoch beſteht zwiſchen ihnen allen eine einfache, vollkommene, ewige Harmonie.

X.

Die Schwingungen des Pendels.

Dem erſten Anſchein nach haben die Bewegungen eines Körpers, der frei an einem Faden aufgehängt wird, nichts mit dem Himmel zu thun, und in der That mochten die erſten Phyſiker, welche Beobachtungen dieſer Art anſtellten, noch keine Ahnung haben, von welcher Wichtigkeit ſie einſt werden könnten. Gleichwohl iſt es nicht ſchwer, den nothwendigen Zuſammenhang dieſer Unterſuchungen mit den eigentlich aſtronomiſchen auch ſelbſt dem Laien darzuthun. Der Fall der Körper ſenkrecht zur Erdoberfläche iſt eine Wirkung der allgemeinen Schwere, und zwar eine ſolche, welche wir ihrer Größe nach beſtimmen können. Dadurch wird ſie vergleichbar mit anderen Wirkungen derſelben Grundkraft, inſofern ſie der Erde inhärirt, zunächſt alſo mit der anziehenden Wirkung der Erde auf den Mond, und das Reſultat dieſer Vergleichung war bekanntlich die erſte Thatſache, welche Newton zur Ermittelung des Geſetzes der Schwere diente. Ohne dieſen Umſtand dürfte nicht allein die Auffindung eines wichtigen Theorems ſich länger hinaus-

geſchoben haben, ſondern auch die Identität des Geſetzes, nach welchem die Weltkugeln rollen, mit dem, wonach der Apfel vom Baume fällt, wäre nur ſehr ſchwer zu conſtatiren geweſen. Hätte die Erde, wie ſo viele andere Planeten, keinen Mond, ſo würden wir vielleicht heut noch nichts von jenem Zuſammenhange mit Sicherheit wiſſen. Aber wir können, nachdem er einmal feſtgeſtellt iſt, noch viel weiter gehen. Während nemlich die Himmelserſcheinungen von uns nicht willkührlich herbeigeführt, ſondern nur wahrgenommen werden können, wann, wo und wie ſie ſich bieten, kann der Fall der Körper von uns als ein Experiment behandelt und im Einzelnen nach Belieben abgeändert werden; wir ſind weder der Zeit noch dem Orte nach erheblich beſchränkt und können günſtige Umſtände beliebig herbeiführen, ungünſtige entfernen und vermeiden, wenigſtens bis auf einen gewiſſen Punkt. Dadurch aber wird dieſe terreſtriſche Aſtronomie fähig, Reſultate von bedeutend größerer Genauigkeit und Sicherheit zu liefern, als außerdem zu erhalten geweſen wären.

Allein dieſe Genauigkeit würde gleichwohl nicht erreicht werden können, wollte man die Länge des Raumes, durch welchen ein Körper in einer gegebenen Zeit fällt, oder auch umgekehrt die Dauer der Zeit, welche ein Körper gebraucht, um einen gegebenen Raum freifallend zu durchmeſſen, direct beobachten, weshalb auch in der That nur wenige Beobachtungen dieſer Art angeſtellt ſind. Da nun aber die analytiſche Mechanik uns folgenden Satz aufſtellt: „die Länge eines Pendels, welcher Secunden ſchlägt, verhält ſich zum Raum, durch welchen der Körper in der erſten Secunde fällt, wie das Quadrat des Durchmeſſers eines Kreiſes zum halben Quadrat ſeiner Peripherie, ſo können wir ſtatt der unſicheren Fallbeobachtungen die einer ungemein hohen Genauigkeit fähigen Pendelbeobachtungen ſubſtituiren und dieſe aus jenen herleiten.

Das angeführte Geſetz gilt indeß ſeiner Strenge nach nur dann, wenn ſowohl der Fall des Körpers als die Bewegung des Pendels im luftleeren (und überhaupt abſolut leeren) Raume erfolgt, und überdieß das Gewicht des Pendelfadens gleich Null iſt — unerfüllbare Bedingungen, die aber der Genauigkeit unſerer Verſuche keinen Eintrag thun, ſondern nur Verbeſſerungen nöthig machen, denen die Rechnung vollſtändig Genüge leiſtet.

Ein wichtiger und für die Zwecke unſerer Pendelbeobachtungen ſehr günſtiger Umſtand iſt der, daß alle Körper, wie verſchieden auch ihre Structur, ihre chemiſche Zuſammenſetzung, ihr ſpecifiſches und abſolutes Gewicht und ihre äußere Geſtalt immer ſein mögen, ſich doch in Beziehung auf ihre Schwingungsdauer und folglich auch auf die Fallräume ganz gleich verhalten. Die Theorie der Schwerkraft ließ dies allerdings erwarten, und die Erfahrung hatte es auch inſofern beſtätigt, daß ſie zeigte, die verſchiedenen Planeten und Kometen verhielten ſich in dieſer Beziehung (den Fall zur Sonne) gleich, und die Größe der Schwerkraft mußte alſo hiernach auch nur abhängen von der Maſſe der Erdkugel und von der Entfernung des angezogenen Körpers von ihrem Mittelpunkte, nicht aber von der Maſſe dieſes Körpers ſelbſt. Da indeß alle unſere Naturgeſetze in letzter Inſtanz ſich doch nur auf Beobachtungen gründen, ſo kann es auch in keinem Falle als überflüſſig erſcheinen, ſie, wo es angeht, auch durch directe Beobachtungen zu prüfen. Solche Beobachtungen nun beſitzen wir bereits von Newton ſelbſt, die aber noch nicht ſo genau ſein konnten, um ſehr kleine Unterſchiede als nicht vorhanden darzuthun. Er nahm bei ſeinen Verſuchen hohle Holzkugeln und verſchloß in dieſe nach und nach verſchiedene Subſtanzen, nemlich Gold, Silber, Blei, Glas, Sand, Kochſalz, Waſſer, Weizen und Holz, in ſolchen Quantitäten ausgewählt, daß ſie ſämmtlich gleiches Gewicht

hatten. Dieſe verſchiedenen Körper ließ er nun an der gleichen Pendelſtange und dem gleichen Apparat ſchwingen und erhielt für ſie die gleiche Schwingungszeit, die alſo von dem ſpecifiſchen Gewicht der angewandten Subſtanzen unabhängig war. Die Genauigkeit dieſer Verſuche ſchätzt Newton ſelbſt auf ein Tauſendtheil der Pendellänge. Man konnte alſo noch immer nicht gewiß wiſſen, ob nicht Unterſchiede, die weniger als eine halbe Linie betragen, gleichwohl vorhanden ſind. Beſſel wiederholte die Verſuche mit einem Apparat, der zu der Hoffnung berechtigte, die Genauigkeit noch ungleich weiter zu treiben. Nicht allein waren alle Vorrichtungen ſo getroffen, daß die wirkliche Länge des Pendels mit höchſter Genauigkeit gemeſſen werden konnte, ſondern es wurde auch der Einfluß der Wärme, des Luftwiderſtandes, der nicht völlig regelmäßigen Figur der Körper und ähnliche Umſtände auf's ſtrengſte ausgemittelt und berückſichtigt. Auch wandte Beſſel zwei Pendel, die genau um eine Toiſe verſchieden waren, gleichzeitig an; und endlich verband er mit dieſen Meſſungen genaue Zeitbeſtimmungen. Die angewandten Subſtanzen waren: Gold, Silber, Blei, Eiſen, Zink, Meſſing, Marmor, Thon, Quarz, Waſſer, Meteoreiſen, Meteorſtein. Die beiden letzteren Körper wurden deshalb gewählt, weil ſie möglicherweiſe ihrem Urſprunge nach unſerer Erde nicht angehören, und weil es in dieſem Falle von Wichtigkeit war, zu unterſuchen, ob in der Anziehung ein — wenn auch vielleicht ſehr geringer — Unterſchied zwiſchen terreſtriſchen und nicht terreſtriſchen Maſſen beſtehe. Statt der Holzkugel Newton's wählte er einen hohlen Cylinder von Meſſing und ſchloß die Körper darin ein.

Bei den damit angeſtellten Verſuchen ergab keiner der angewandten feſten Körper eine Abweichung vom Reſultat, die mehr als den fünfundſechzigtauſendſten Theil deſſelben betragen oder $^1/_{150}$ Linie überſtiegen hätte; nur

allein für Waſſer ergab ſich eine etwas größere, die bis auf den elftauſendſten Theil des Ganzen ging ($^1/_{26}$ Linie), die ſich aber wohl durch die Bewegung der einzelnen Waſſertheilchen, in die ſie in Folge der Schwingung gerathen mußten, genügend erklärt. Abweichungen von $^1/_{65,000}$ ſind nun aber ſo unerheblich, daß man ſich eher wundern muß, nicht beträchtlich größere Fehler anzutreffen; überdieß aber kommen ſie ebenſo gut vor, wenn man mehrere Verſuche mit der gleichen Subſtanz, als wenn man verſchiedene unter ſich vergleicht. Der oben ausgeſprochene Satz iſt alſo wohl überzeugend dargethan. Alle Verſchiedenheiten der Fallgeſchwindigkeit hängen nur vom Widerſtande der Luft ab, und dieſer iſt natürlich größer bei leichteren als bei ſchwereren Körpern; im luftleeren Raume dagegen fällt die Gold- und Platinakugel genau ebenſo ſchnell zu Boden, als ein Blättchen Papier oder eine Flaumfeder.

Dies Reſultat iſt höchſt wichtig. Denn da wir die beſonderen Beſtandtheile der fremden Weltkörper in keiner Weiſe erforſchen können, ſo würde, falls das Ergebniß der Beſſel'ſchen Verſuche ein anderes geweſen wäre, die Anziehung, welche ein Körper von einem anderen erfährt, nicht ferner mit Sicherheit aus der Maſſe und Diſtanz des letztern allein berechnet werden können, und es hätte uns überall das dritte Rechnungsdatum gefehlt. Aſtronomiſche Beobachtungen aber hätten eine ſolche Genauigkeit nur in ſehr wenigen Fällen erreichen können, und gerade in denjenigen Fällen nicht, durch welche hier eine Entſcheidung möglich geweſen wäre.

Wenn wir alſo ſonſt in allen entſcheidenden Fällen die Erde am Himmel meſſen, iſt hier umgekehrt der Himmel an der Erde gemeſſen, d. h. eine ſichre Grundlage für kosmiſche Verhältniſſe durch ein ſinnreiches terreſtriſches Experiment erhalten worden.

Dieſelben Beobachtungen haben nun auch die abſolute Länge des Pendels, der Secunden ſchlägt, mit einer Schärfe ergeben, die keine auf $^1/_{1000}$ ſteigende Unſicherheit mehr zuläßt, was bisher nur allein durch dieſen Apparat erreicht worden iſt. Beſſel findet dieſe Pendellänge

für die Königsberger Sternwarte . . 440,8154 Linien,
für die Berliner Sternwarte . . . . 440,7354 "

Die Differenz von $^8/_{100}$ Linien rührt von der verſchiedenen Polhöhe beider Orte, zum Theil auch von der verſchiedenen Erhebung über der Meeresfläche her. Aehnliche Beobachtungen haben ergeben, daß jene Länge

am Aequator . . . . . 439,258 Linien,
an den Polen . . . . . 441,562 "

betrage, wobei freilich nur die eine dieſer Größen direct beobachtet werden kann; die andere dagegen durch Rechnung aus ſolchen geſchloſſen werden muß, die man möglichſt nahe beim Pole angeſtellt hat.

Der Fall der Körper in der erſten Secunde iſt alſo

am Aequator . . . . 15,054 Par. Fuß,
an den Polen . . . . 15,132 " "

oder die Schwerkraft iſt an den Polen $^1/_{193}$ größer als am Aequator; eine Folge der Abplattung (vermöge welcher die Körper an den Polen näher dem Mittelpunkte der Erde liegen) und des Rotationsſchwunges (der der Schwere entgegenwirkt und ſie folglich vermindert; an den Polen gar nicht, am Aequator am meiſten). Da nun die Abplattung ſelbſt ebenfalls nur eine Folge des Rotationsſchwunges und letzterer ganz genau bekannt iſt, ſo kann man auch die Abplattung der Erde direct aus den Pendelbeobachtungen berechnen und man erhält durch ſie im Allgemeinen daſſelbe Reſultat, wie aus den Gradmeſſungen ſelbſt. Es giebt aber noch einen dritten unabhängigen Weg, die Abplattung zu beſtimmen. Offenbar iſt nemlich die Anziehung einer homo-

genen Kugel nach allen Richtungen hin gleich; nicht so die eines Sphäroids. Da sich nemlich bei einem solchen unter dem Aequator (bis zum Mittelpunkt hin) mehr Masse als unter den Polen befindet, so wird es auf gleiche Distanz nach der Ebene des Aequators hin mehr als in der Richtung der Pole wirken. Ein Mond also, der in ersterer Ebene liefe, würde stärker angezogen, als ein anderer in gleicher Entfernung, aber in der Richtung des Meridians umlaufender. Folglich wird auch unser Mond, wenn seine Bahn der Ebene des Aequators näher liegt (wie 1847 und 1866) stärker angezogen, als wenn er sich weiter von dieser Ebene entfernt (wie 1838 und 1857). Der Unterschied beider Anziehungen hängt, wie man leicht sieht, von der Größe des Neigungs-Unterschiedes (die genau bekannt ist) und von der Abplattung ab; Beobachtungen des Mondlaufes also werden ein Mittel sein, die Abplattung zu berechnen, und man erhält auch auf diesem Wege ein Resultat, welches mit den aus den Pendelbeobachtungen und Gradmessungen genügend übereinstimmt.

Die Harmonie der aus der Mondstheorie abgeleiteten Abplattung mit der, welche aus den Pendellängen gefolgert wird, beweist, daß in beiden Fällen dieselbe Kraft wirksam sei, und die Uebereinstimmung beider mit den directen Messungen, daß das Gesetz der Kraft, wie wir es aufstellten, richtig sei. Und endlich ersahen wir aus dem Obigen, daß die in Rede stehende Kraft für alle Arten von Körpern die gleiche Größe habe. Vor den eben erwähnten Versuchen waren diese drei wichtigen Sätze nur wahrscheinliche Hypothesen; jetzt sind sie positiv gewisse Wahrheiten.

Aber das Pendel wird uns noch weiter führen. Bei der ungemeinen Genauigkeit, deren diese Versuche fähig sind, kann man durch sie auch die absolute Dichtigkeit unserer Erde bestimmen. Directe Wägungen vermögen dies nur für

den uns erreichbaren Theil der Erdrinde, der aber noch nicht den tausendsten Theil des gesammten Erdkörpers ausmacht, und wir können von diesem geringen Theile um so weniger auf das Ganze schließen, als anderweitige Gründe genug vorhanden sind zu der Vermuthung, daß das Innere der Erde eine von der Rinde sehr verschiedene Dichtigkeit habe. Allein wenn wir das Pendel in die Nähe solcher Massen bringen, die, wenn gleich zum Erdganzen gehörig, doch außerhalb ihrer regelmäßigen Figur liegen (Berge), oder auch von ihr getrennt sind (künstliche Kugeln), so werden diese ihrerseits eine Anziehung ausüben, welche sich bei zweckmäßiger Anordnung des Versuchs als getrennt von der Erdanziehung darstellen läßt, folglich durch Rechnung mit letzterer verglichen werden kann. Freilich wird auch selbst der höchste Berg dem Volumen und der Masse nach gewiß um viele Millionen Mal kleiner als die Erde sein; allein da er zugleich dem Pendel vielmal näher ist als der Mittelpunkt der Erde, so ist der Unterschied beider Anziehungen zwar noch immer sehr groß, aber doch nicht so ungeheuer, als es auf den ersten Anblick scheinen möchte. Wenigstens haben die sogleich anzuführenden Erfahrungen dargethan, daß es sehr sorgfältigen Beobachtungen gelingt, die Unterschiede mit hinreichender Sicherheit wahrzunehmen.

Man kann entweder

1) Das Pendel zur Seite eines Berges aufstellen und beobachten, um wieviel es von dem Berge aus seiner normalen Richtung zur Seite hin abgelenkt wird, was am besten geschieht, wenn man einen isolirten Berg wählt und zu beiden Seiten desselben Pendel aufstellt (die Stelle des directen Pendels kann hier auch durch eine Wasserwage ersetzt werden); oder

2) das Pendel auf die Spitze eines Berges bringen und beobachten, wieviel Schläge es in einer gewissen Zeit

(z. B. im Laufe eines Tages) mehr macht, als es in derſelben Höhe, aber ohne den Berg, gemacht haben würde; was durch Rechnung ermittelt werden kann; oder endlich

3) kann man die Pendelſchwingung, welche die Erde veranlaßt, dadurch neutraliſiren, daß man es in einer wagerechten Ebene beweglich macht, es alſo nicht aufhängt, ſondern auflegt, wobei ihm aber wie einer Compaßnadel jede wagerechte Bewegung ungehemmt ſein muß; und ſodann eine große Maſſe in ſeine Nähe und in dieſelbe Ebene bringt, gegen welche Maſſe es alsdann gravitirt. Man wird, um in dieſer Maſſe ein Gleichgewicht zu erzeugen, das Pendel zweiarmig und vollkommen ſymmetriſch machen, alſo an jedes Ende der Pendelſtange eine Kugel ſetzen und ebenſo für jede derſelben eine beſondere anziehende Maſſe aufſtellen, ſo daß Alles in Symmetrie und das Pendel wie ein in der Mitte unterſtützter Wagebalken gedacht werden muß.

Die erſte Methode iſt an den peruaniſchen Anden und an dem Berge Shehallion im nördlichen England verſucht worden; die zweite auf dem Berge Viſo in den cottiſchen Alpen, die dritte endlich zuerſt von Cavendiſh, ſpäter von Reich in Freiberg und endlich vor Kurzem in England von Bailly, der mehr als 2000 Verſuche angeſtellt hat.

Am beſten ſtimmen die Reſultate der dritten Methode. Zwar ſteht ſie, was die Größe der wirkſamen Maſſen betrifft, in ſtarkem Nachtheil gegen die beiden erſteren; allein einerſeits iſt bei dieſen Maſſen eine ganz genaue Wägung und Meſſung ausführbar, während bei einem Berge dies nur annähernd geſchehen kann, und zweitens wird das, was man ſucht, bei der letzteren Methode direct gefunden, während es bei den beiden erſtern aus Unterſchieden geſchloſſen werden muß. Die Dichtigkeit der Erde im Mittel beträgt:

nach Cavendish 5,48
nach Reich 5,44
nach Bailly 5,67

welche letztere Zahl wohl die genauere ist. — Aus den beiden ersten Methoden erhält man 4,7 bis 4,9. (Das specifische Gewicht des reinen Wassers ist hierbei wie gewöhnlich als Einheit angenommen.)

Die Dichtigkeit des Erdkörpers hält also etwa das Mittel zwischen den erdigen und metallischen Körpern, und da sie von der Oberfläche nach dem Innern zu dichter wird, so kann man annehmen, daß die Erdrinde vorzugsweise aus erdigen, die um das Centrum gelagerten Massen dagegen überwiegend aus reguliniſch-metallischen bestehen. Das absolute Gewicht der Erde läßt sich hiernach ebenfalls berechnen, und man findet 13½ Quadrillionen Pfund. Auf dieser Grundlage kann man sodann weiter das Gewicht der Sonne (4½ Quinquillionen Pfund), sowie der Planeten und Monde berechnen, während uns die astronomischen Beobachtungen nicht diese Größen selbst, sondern nur ihr Verhältniß zu einander, geben können.

Da übrigens ein Pfund und ein Planet doch gar zu verschiedene Dinge sind und die hier beispielsweise aufgeführten Zahlen unsere Vorstellungskraft übersteigen, so kann man statt ihrer auch das specifische Gewicht suchen; man findet für die Sonne 1,43, für den Mond 3,44, für Saturn 0,79 u. s. w.

In Beziehung auf die beiden erstern Methoden ist noch zu erwähnen, daß es keineswegs absolut nothwendig ist, eine Masse zu wählen, welche als Berg über die mittlere Erdoberfläche hervorragt. Auch in freier Ebene, wenn der Boden weit herum aus viel schwereren Massen besteht, muß das Pendel schneller schwingen. So in der Gegend von Porto Ferrajo auf Elba, wo der Boden fast ganz aus Eisen

beſteht. Ja in den obern Zimmern großer Blei- oder Eiſenmagazine kann man an genauen Pendeluhren dieſe Beſchleunigung ſchon wahrnehmen. So könnte das Pendel mit der Zeit ein Mittel werden, die Ungleichheiten der Dichtigkeit des Bodens im Allgemeinen kennen zu lernen und einen vorläufigen Aufſchluß über das zu geben, was man bei Nachgrabungen in der Tiefe zu erwarten hat.

Man könnte noch fragen, ob es keinen Unterſchied mache, wie weit das Pendel ausſchwinge. Die theoretiſche Unterſuchung zeigt nun, daß, wenn es eine Cykloide (Radlinie) beſchriebe, auf die Weite des Bogens gar nichts ankäme, daß aber, wenn der Schwingungsbogen einer andern Curve (alſo z. B. dem Kreiſe) angehört, dies nicht in aller Strenge der Fall ſei. Vielmehr erfordert eine Schwingung um deſto längere Zeit, je größer der beſchriebene Bogen und je bedeutender zugleich die Abweichung dieſes Bogenſtücks von einer Cykloide iſt. Man hat es nun in der That verſucht, die Aufhängung des Pendels ſo einzurichten, daß es eine Cykloide beſchreiben muß, und dieſe Verſuche ſind nicht ganz fehlgeſchlagen. Allein ſie führen nicht nur auf eine in der Ausführung ſehr ſchwierige Vorrichtung, ſondern auch zu anderweitigen Unbequemlichkeiten und ſelbſt Ungenauigkeiten, weshalb man bisher noch immer das im Kreiſe ſchwingende Pendel vorgezogen hat, zumal die Rechnung hier vollſtändig aushelfen kann. Uebrigens läuft das Ganze auf ſehr feine Unterſchiede hinaus. Bei einem Schwingungsbogen von 1 Grad nach jeder Seite wird die anzubringende Correction $^1/_{52530}$, bei 3 Grad $^1/_{5837}$. Noch weitere Bögen aber wird man das Pendel nicht leicht ſchwingen laſſen und ſo entgeht man durch eine leichte und ſichere Correction jenen unvergleichbar größeren techniſchen Schwierigkeiten.

Der Gebrauch des Pendels als Regulator der Uhren iſt ein glücklicher Gedanke des genialen Huygens. In der

That ist er zugleich das einfachste und genaueste Mittel, sich des richtigen und gleichförmigen Ganges der Uhren zu versichern. Wäre die Anwendung dieses Mittels auch zur See und überhaupt auf Reisen möglich, so würden die Künstler und Gelehrten eine große Anstrengung erspart haben, und das Parlament von Großbritannien hätte nicht 20,000 Pfund für die Bestimmung der Seelänge ausgesetzt. — Richtet man die Uhr so ein, daß das Pendel gleich weit ausschwingt, so wird auch die Correction wegen der Schwingung constant und kann ein für allemal dadurch berücksichtigt werden, daß man die Länge des Pendels um eine Kleinigkeit vermindert. Allein diese Länge ist selbst wegen der verschiedenen Wärme veränderlich, und man hat mancherlei Mittel angewandt, diese Ungleichheit wieder aufzuheben. Eines derselben besteht darin, statt einer Kugel oder einer Scheibe ein cylindrisches mit Quecksilber gefülltes Gefäß schwingen zu lassen. Steigt nun die Wärme, so wird die Pendelstange länger werden, gleichzeitig aber das Quecksilber sich ausdehnen und im Cylinder steigen, folglich sein Schwerpunkt hinauf gehen und dadurch die effective Länge des Pendels verkürzen. Da man es nun in seiner Gewalt hat, die Quantität des Quecksilbers beliebig zu verändern, so kann man sie auch leicht so wählen, daß bei jeder Temperatur Verlängerung und Verkürzung einander gerade aufheben. Auch kann man eine Verbindung von Pendelstangen aus verschiedenen Metallen herstellen, in der die Ausdehnungen einander stets das Gleichgewicht halten (das sogen. Rostpendel). Der Widerstand der Luft endlich würde constant sein und folglich ein für allemal an der Pendellänge als Correction angebracht werden können, wenn die Luft stets die gleiche Dichtigkeit hätte. Da dies aber nicht der Fall ist, so wird auch eine kleine vom Barometerstande abhängige Ungleichheit übrig bleiben, für welche eine mechanische Compensation nicht an-

gebracht werden kann, und wofür die Rechnung aushelfen muß. Zufällige Erschütterungen, Zugluft, ungleiche Erwärmung der einzelnen Theile, starke Feuchtigkeit u. dgl. müssen vermieden werden; die Uhr muß also im umschlossenen Raum, an festen Pfeilern, im Schatten stehen, und noch manche andere Vorsicht, die sich bei aufmerksamer Betrachtung von selbst ergiebt, angewandt werden.

Auch wird aus den oben angeführten Gründen eine Uhr, welche für einen gewissen Ort regulirt ist, nur für diesen (und für alle andern unter gleicher Breite und Meereshöhe) ohne Weiteres brauchbar sein, für jeden andern aber erst einer weitern Correction der Pendellänge bedürfen, deren Vernachlässigung in den äußersten Fällen Unterschiede bis auf 4 Minuten im täglichen Gange verursachen kann.

Da die Pendelschwingungen auch von der Wärme abhängig sind und einer Compensation bedürfen, um gleichförmige Zeit anzuzeigen, so ist man auf den Gedanken gekommen, durch ein Pendel ohne Compensation umgekehrt die Wärme zu bestimmen. Die Temperatur kann nemlich füglich nur für einzelne bestimmte Momente am Thermometer abgelesen werden; man wünscht aber die eigentliche Mitteltemperatur, d. h. den Durchschnitt aller in jedem Moment stattgefundener Temperaturen zu kennen, und hierzu schlug Karsten das nicht compensirte Pendel vor, vorausgesetzt, daß es mit einem richtig compensirten oder noch besser mit dem Himmel selbst fortwährend verglichen werde. Einer wirklichen Anwendung dieses Mittels stehen indeß mehrfache Schwierigkeiten entgegen. Man würde erstens immer nur die Temperatur eines zwar ungeheizten, aber doch umschlossenen Raumes erhalten, da ein ganz im Freien schwingendes Pendel kein irgend brauchbares Resultat geben, vielmehr sehr bald verderben würde. Es würden ferner die übrigen Ungleichheiten, z. B. die vom Barometerstande und

der verschiedenen Luftfeuchtigkeit herrührenden, sich mit den durch die Wärme erzeugten vermischen, ohne daß wir die Mittel besäßen, sie sicher zu trennen. Endlich aber müßten die Ausdehnungs-Coefficienten der anzuwendenden Metalle weit genauer bestimmt sein, als bis jetzt geschehen und als es vielleicht überhaupt möglich ist, da im Gegentheil Erfahrungen vorhanden sind, die für eine beträchtlich ungleiche Ausdehnung verschiedener Stücke eines und desselben Metalles zu sprechen scheinen. Hiernach ist nicht zu erwarten, daß das Pendel zu den großen und wichtigen Diensten, die es der Naturforschung geleistet hat, auch noch diesen hinzufügen werde.

Fragen wir uns nun schließlich, durch welche äußern Mittel der menschliche Geist in den letzten Jahrhunderten das Universum erforscht habe und täglich tiefer erforsche, so finden wir — eine Stange Stahl, ein Stückchen Glas und einen Spinnenfaden!

XI.

Die geographischen Ortsbestimmungen.

Schon dem entfernten Alterthume war es klar geworden, daß eine Erdkunde, die nicht blos auf die allernächsten Umgebungen sich beschränken, sondern ihren Namen in umfassenderem Sinne rechtfertigen wolle, nur möglich sei durch Himmelskunde. Von der Erde überschauen wir gleichzeitig nur einen gegen das Ganze völlig unbedeutenden Raum; vom Himmelsgewölbe die volle Hälfte, ja in günstig gelegenen

Erdſtrichen ſchon im Laufe einer einzigen Nacht das Ganze. Der Aufgang und Niedergang der Sonne war es, wonach zuerſt die allgemeinſten Richtungen auf der Erde bezeichnet und benannt wurden; Mittag und Mitternacht kamen ſpäter hinzu und bildeten die Grundlage der Windroſe. Damit war auch der erſte Begriff von Parallelen und Meridianen gegeben, ſelbſt bevor noch die Erde als eine Kugel anerkannt war. In der That begegnen wir dieſer letztern Meinung anfangs nur als einer philoſophiſch-ſpeculativen Anſicht, auf nichts gegründet als auf die Bemerkung, daß die Kugel die einfachſte aller Formen ſei; denn z. B. von der Kugelgeſtalt der Sonne und des Mondes auch auf die der Erde zu ſchließen, konnte denen nicht einfallen, die ſich die Erde als das Weltganze, und Sonne und Mond ſammt den übrigen Geſtirnen nur in den obern Lüften ſchwimmend dachten. Die Säulen des Hercules in Weſten, Indien in Oſten, Thule in Norden und Aethiopien in Süden — dies waren die noch halb fabelhaften Grenzen der Welt, und ſo wenig man auch über ihre wahre Entfernung Sicheres anzugeben wußte, war doch ſo viel bekannt, daß die Erſtreckung in der Richtung des Parallels *größer* ſei, als in der der Meridiane. Dies ward Veranlaſſung, jene erſtere als *Länge*, letztere als *Breite* zu bezeichnen.

Die erſte einigermaßen beſtimmte Idee eines Gradnetzes, in welchem die einzelnen Orte der Erde nach Länge und Breite ihren Platz finden, alſo eine Landkarte im heutigen Sinne des Wortes, treffen wir bei *Eratoſthenes*, womit nicht geleugnet werden ſoll, daß nicht auch ſchon frühere Verſuche gemacht worden ſeien, kleinere und größere Landſtriche darzuſtellen. Was man dagegen über uralte — und nach *Bailly's* mit großem Aufwande von Gelehrſamkeit dargelegter Meinung ſogar höchſt genaue — Meſſungen des Erdkörpers geſagt hat, entbehrt jedes haltbaren Grundes. Setzt

man die Kugelgestalt der Erde voraus, so wird man den Breitenunterschied zweier Orte auf der Erdfläche durch die Differenz der Höhe irgend eines Gestirns im Meridian dieser beiden Orte erhalten. Verbindet man mit dieser Wahrnehmung eine directe Messung auf der Erde selbst, so erhält man die Entfernung dieser — als unter gleichem Meridian liegend angenommener — Orte in einem bekannten lineären Maße, und folglich, durch Verbindung beider Daten, auch den Umfang der Erdkugel. — Dies war der Gedanke des Eratosthenes, und dies ist noch heut das Grundprincip unserer so sehr verfeinerten Erdmeßkunst. Es handelt sich also bei Vergleichung der ältern und neueren Arbeiten nur darum, die Mittel kennen zu lernen, durch welche man diese beiden Data zu erlangen suchte.

In Bezug auf den astronomischen Theil der Arbeit standen den Alten nur sehr rohe Hülfsmittel zu Gebote. Durch die Größe des von einem senkrechten Stift geworfenen Schattens erhält man den Abstand der Sonne vom Zenith in Graden des größten Kreises, und ist gar kein Schatten vorhanden, so steht die Sonne im Zenith selbst. Beobachtet man also an demselben Tage an zwei unter gleichem Meridian gelegenen Orten diesen Schatten zur Zeit der Culmination der Sonne, so erhält man ihren Breitenunterschied. — Beobachtet man, wie hoch sich ein Stern über den Horizont eines Ortes erhebe, und sucht man einen anderen Ort auf, wo derselbe Stern gar nicht mehr eigentlich aufgeht, sondern den Horizont nur so eben berührt, so wird man auch dadurch den Breitenunterschied erhalten. Die Unsicherheiten beider Methoden sind indeß sehr groß; im ersten Falle haben wir es mit einem stark verwaschenen Ende des Schattens zu thun; bei der letzteren Methode dagegen wird die Refraction — von der überdieß die Alten bis auf Cleomedes nichts wußten — noch nachtheiliger einwirken.

Noch übler jedoch ſtand es um den geodätiſchen Theil der Arbeit; hier hatte man ſtatt aller Meſſungen nur die Zeit, welche eine Land- oder Seereiſe erforderte, und dabei mangelte noch die Gewißheit, daß beide verglichene Orte unter demſelben Meridian, oder wenn dies nicht, unter welchem Azimuth der eine vom andern aus läge. Die Größe der Erde, mithin auch der Werth eines Grades, konnte ſo nur höchſt beiläufig erhalten werden. Unter dieſen Umſtänden dürfen wir uns nicht wundern, wenn die größtentheils von Seefahrern herrührenden Breiten um 2—3, ja bis zu 5 Graden Fehler haben, während an ſolchen Orten, wo man ſorgfältig Beobachtungen wiederholt anſtellte, allerdings eine Genauigkeit, die bis auf wenige Minuten ging, erhalten werden konnte. Alexandria's Muſeum und Pytheas Wohnung in Marſeille mögen als Beiſpiel dienen. Man beobachtete die Höhe der Sonne am längſten und am kürzeſten Tage, das Mittel aus beiden gab die Höhe der Sonne im Aequator, und dieſe, von 90° abgezogen, die Breite des Ortes. Ein Theil der Ungewißheit hebt ſich dadurch ſchon auf, die öftere Wiederholung verminderte den Einfluß der Fehler, und wenn man, wie in Alexandrien, ſich zur Beſtimmung der Höhen nicht des Schattens, ſondern ſorgfältig eingetheilter Kreiſe bediente, ſo mußte die Sicherheit noch bedeutend zunehmen. So ſehen wir, daß man in der alexandriniſchen Periode die wichtigeren Punkte des Mittelmeeres der Breite nach ſchon ziemlich gut kannte, und daß die Karten ſich von den heutigen genaueren auf den erſten Anblick nicht ſehr unterſcheiden würden, hätte man auch die Längen ebenſo genau beſtimmen können.

Damit ſteht es aber ſehr mißlich aus. Die Meridiane der Erde ſind in Bezug auf die Phänomene des Himmels nur allein der Zeit nach verſchieden und ſonſt einander völlig gleich. Weder die Auf- und Niedergänge der Sterne,

wie sie das alte Griechenland beobachtete, noch die Meridian-Durchgänge derselben, die man in Alexandrien wahrnahm, vermochten über die Längenunterschiede einen Aufschluß zu geben. An eine Vergleichung durch Uhren, wie heutzutage, war damals nicht zu denken; daß Mond- und Sonnenfinsternisse ein geeignetes Mittel seien, sah man wohl nach und nach ein, der Anwendung dieses Mittels stellten sich jedoch damals fast unbesiegbare Schwierigkeiten entgegen; Sternbedeckungen und Jupiter-Trabanten aber bedürfen der Ferngläser. Welches Mittel man aber auch anwenden wolle, stets wird bei Längenbestimmungen eine Verabredung mindestens zweier an entfernten Punkten befindlicher Beobachter erfordert, während die Breite unabhängig von nur einem bestimmt werden kann.

Nun aber kann man, unter Voraussetzung einer bekannten Gestalt und Größe der Erdkugel, sowohl Längen- als Breitenunterschiede auf rein geodätischem Wege bestimmen. Aus der bekannten Größe eines Grades der Breite findet sich auch, wenn die Breite selbst gegeben ist, der eines Grades der Länge, und eine directe Messung in der Richtung eines Parallels kann also den Längenunterschied ohne Zuziehung des Himmels finden lassen. Aber da man auch hier nichts als die Aussagen der Seefahrer, und für kleinere Distanzen auch der Landreisenden, über die Zeit, welche man zur Zurücklegung eines Weges gebraucht, und andererseits nur die nach dem Obigen höchst dürftige Kenntniß der Erddimensionen zum Grunde legen konnte, so darf es nicht verwundern, wenn die von dem Meridian von Alexandrien oder Rhodus gezählten östlichen oder westlichen Längen an den äußersten Grenzen der bekannten Welt um 20—30 Grade fehlerhaft angegeben waren, wie denn namentlich Indien und Taprobane viel zu weit nach Osten gerückt war. Diese alten Vorstellungen von der ungeheueren Ausdehnung

Asiens gegen Osten leiteten noch einen Columbus irre, indem er glaubte, jene Länder reichten um den größten Theil der Erdkugel herum und seien also auf westlichem Wege viel näher und in kürzerer Zeit zu erreichen, wie er denn bis an das Ende seines Lebens der Meinung war, daß er nicht einen neuen Welttheil, sondern einen neuen Weg nach dem alten Indien gefunden habe.

Die erste geschichtlich beglaubigte wirkliche Messung eines Erdgrades ist die, welche die arabischen Geometer auf Almamum's Verordnung in der Ebene von Sinear ausführten.

Wir haben keine hinreichend bestimmten Nachrichten über die Länge des angewandten Maßes, um über die Genauigkeit der Messung ein richtiges Urtheil gewinnen zu können; einigermaßen ist dies dadurch möglich, daß die beiden Parteien, in welche Almamum sein gelehrtes Collegium getheilt hatte, und deren eine nach Norden, die andere nach Süden zu maß, resp. 56 und $56^2/_3$ arabische Meilen als Länge eines Grades gefunden hatten.

Unsere Hauptabsicht geht dahin, eine möglichst vollständige Zusammenstellung der Methoden zu geben, welche man seit Wiedererweckung der Wissenschaften in Europa zur Ermittlung der Breiten und Längen, sowie der Erdgestaltung eingeschlagen hat und gegenwärtig einschlägt, da wir dafür halten, daß es für Jeden, der eine Karte braucht, von Wichtigkeit sei, zu erfahren, auf welche Weise sie entstanden ist, und welche wissenschaftliche Gewähr sie bietet. Wir werden uns dabei der Zeichensprache sowie durchgeführter Rechnungen enthalten, da es für den tiefer Eingehenden an Werken dieser Art keineswegs fehlt.

Die Breitenbestimmungen, welche die Astronomie der Geographie lehrt, zerfallen in zwei Hauptklassen: entweder setzt man die Declinationen der anzuwendenden

Gestirne als bekannt voraus oder nicht. Nur feste Sternwarten vermögen das Letztere. Zu diesen astronomischen Bestimmungen treten noch als dritte Hauptklasse rein geodätische, die aber nicht absolute Breiten, sondern nur Breitendifferenzen liefern können.

Wenn man keine bereits bekannten Sterndeclinationen, überhaupt nichts, als die einfache Thatsache, daß alle Gestirne innerhalb einer festen Periode Kreise um den Pol beschreiben, zum Grunde legt, so muß man einen beliebigen Fixstern, ausgewählt aus der Zahl derer, die für den zu bestimmenden Ort nicht untergehen, in seinem höchsten und tiefsten Stande beobachten.

Beide finden statt, wenn er durch den Meridian geht, das eine Mal unter, das andere Mal über dem Pol. Das Mittel aus beiden Sternhöhen ist folglich die Höhe des in der Mitte zwischen beiden liegenden Pols, und der halbe Unterschied beider Höhen zugleich der Abstand vom Pole, der, von 90^0 abgezogen, die Declination des Sternes angiebt. Je kleiner dieser Unterschied, folglich je größer die Declination des Sternes ist, desto weniger hat man von den Fehlern der Beobachtung, des Instrumentes u. dgl. nachtheiligen Einfluß auf das Resultat zu fürchten. Stände ein Stern im Pole selbst, so genügte eine Beobachtung desselben. Man wählt demnach am vortheilhaftesten den dem Pole nächsten und zugleich hinreichend hellen Stern; letzteres, um ihn auch am Tage in den Fernröhren der Meridiankreise sehen zu können. Unser Zeitalter hat dies sehr bequem; ein Stern zweiter Größe steht dem Pole so nahe, daß schon das bloße Auge bei genauer Aufmerksamkeit seine Ortsveränderung noch wahrnehmen kann. Das Resultat würde indeß fehlerhaft sein, wenn man es so, wie es die Beobachtung ergiebt, ohne Weiteres annehmen wollte. Die Strahlenbrechung erhöht den Stern, sowohl wenn er über, als wenn er unter dem

Pole ſteht, nur im erſteren Falle etwas weniger als im letztern, und man muß alſo die Größe der Refraction kennen und in Rechnung bringen; eine Bemerkung, die überall gilt, wo man aus beobachteten Höhen (oder Scheitelabſtänden) einen Schluß ziehen will. Wir kennen jetzt die Refraction, wenn man die für ſehr geringe Höhen ausnimmt, genau genug, um ſicher zu ſein, daß aus dieſer Quelle kein irgend merklicher Fehler in unſeren Breitenbeſtimmungen entſpringe.

Der Polarſtern iſt zwar der geeignetſte und am häufigſten zu dieſem Zweck beobachtete Stern, nicht aber der einzige; auch andere in der Nähe des Pols befindliche Sterne werden hierbei angewandt. Verbindet man die beiderſeitigen Culminationen zweier, oder noch beſſer mehrerer Fixſterne, ſo kann man außer der Polhöhe und den Declinationen auch das Geſetz der Refraction ſelbſt finden.

Will man durch Hülfe der Sonne die Breite finden, ſo muß man den Erfahrungsſatz zu Hülfe nehmen, daß die Sonne ſich am längſten Tage ebenſo hoch über den Aequator nach Norden erhebt, als ſie am kürzeſten Tage ſüdlich von ihm entfernt bleibt: ein Satz, welcher vorausſetzt, daß ſich der Mittelpunkt der Sonne in der Ebene der Erdbahn befinde. Alsdann geben zwei Beobachtungen an den genannten Tagen, in ganz ähnlicher Weiſe, wie vorſtehend angegeben, berechnet, die Höhe des Aequators und den Winkel deſſelben mit der Erdbahn oder die Schiefe des Ekliptik. — Man hat indeß die Erfahrung gemacht, daß die Beobachtungen der Sonne, nach aller Strenge berechnet, nicht völlig genau daſſelbe Reſultat geben, als die des Polarſterns, und daß beide ſich mehr von einander unterſcheiden, als die wahrſcheinlichen Fehler der Beobachtungen es erklären können. Der Grund kann ein mehrfacher ſein: entweder fällt der Mittelpunkt der Sonne nicht völlig genau mit ihrem Schwerpunkte zuſammen, und dann iſt es begreiflich, daß nur der letztere,

nicht aber der erstere bleibend in der Ebene der Erdbahn liegen kann; oder eine andere vielleicht blos optische Ursache liegt der — übrigens sehr kleinen — Abweichung zum Grunde. Da sich nun überdieß der Rand eines Weltkörpers, der einen meßbaren Durchmesser hat, nicht so gut bestimmen läßt, als ein scharfer Punkt, wie ihn der Fixstern bildet, so ist man stillschweigend übereingekommen, die Beobachtungen der Circumpolarsterne als die Grundlage der Polhöhenbestimmungen zu betrachten. Die südliche Halbkugel unserer Erde entbehrt eines so bequemen Polarsterns; auch die nördliche hatte ihn nicht immer und wird ihn nicht immer behalten.

Drei Jahrhunderte hindurch wird er sich von jetzt ab dem Pole noch mehr nähern und folglich für den angegebenen Zweck noch besser dienen; alsdann entfernt er sich wieder von demselben (oder richtiger: der Pol von ihm) und nach einigen Jahrtausenden wird er des Namens: „Polarstern" nicht mehr würdig befunden werden. — Am Aequator sind Beobachtungen der Circumpolarsterne in der angegebenen Art gar nicht anzuwenden, da keiner derselben beständig über dem Horizont bleibt.

In den meisten Fällen, namentlich überall da, wo eine feste Sternwarte nicht zu Gebote steht, kann man nur unter Voraussetzung bekannter Sterndeclinationen die Breite erhalten. Unter dieser Voraussetzung reicht eine Höhe des culminirenden Sternes zur Bestimmung hin, und man wird dies also da anwenden, wo die Lage der Sternwarte die Beobachtung beider Culminationen nicht, oder nicht bequem genug gestattet. Allein es bedarf einer directen Beobachtung der Höhe des Sternes (die doch nur auf festen Sternwarten genau zu erhalten ist) gar nicht, sondern Bessel hat gezeigt, daß man auch aus der Zeit, welche ein Stern bedarf, um aus dem östlichen Vertical in den westlichen zu rücken,

den Abſtand des Sternes vom Scheitelpunkt, und folglich, wenn ſeine Declination bekannt iſt, die Polhöhe finden kann. Zu dieſer Beobachtung bedarf es gar keiner Theilung des Inſtrumentes. Man braucht ſelbſt nicht einmal genau den öſtlichen und weſtlichen Vertical zu kennen, wenn man ſtatt eines Sternes deren zwei beobachtet, und ſich nur überzeugt, daß das Inſtrument ſich überhaupt in einem naheliegenden Vertical bewege, oder, im entgegengeſetzten Falle, wie viel es davon abweiche, was man durch die Waſſerwage erfährt. Endlich iſt auch eine abſolut genaue Zeitbeſtimmung hierbei kein unentbehrliches Erforderniß, ſobald man nur das Intervall der Zeit zwiſchen der erſten und letzten Beobachtung genau kennt. Nur iſt zur Erlangung genauer Reſultate erforderlich, daß man Sterne wähle, die dem Zenith nahe vorbeigehen.

Zu dieſen Beobachtungen genügt vollkommen ein 12—16 zölliges Inſtrument, welches leicht in einen Kaſten verpackt und transportirt werden kann, und eine einzige Nacht iſt hinreichend, Beobachtungen zu erhalten, deren Geſammtreſultat bei zweckmäßiger Anordnung keinen Fehler von mehr als 2 Secunden übrig läßt. Indeß bedarf man einer Aufſtellung des Apparats, deren Unveränderlichkeit während der Dauer der Beobachtung man verſichert ſein kann.

Die letztere Bedingung iſt nun ſehr häufig unerfüllbar, und auf Schiffen iſt vollends eine Aufſtellung ganz unmöglich. Man hat deshalb eine Art von Inſtrumenten eingeführt, welche in freier Hand gehalten werden können, und gleichwohl das Verlangte leiſten, und dies ſind die Reflexions- oder Spiegelinſtrumente, unter denen der Spiegelſextant das bekannteſte iſt. Bei ihnen beſtimmt man den Winkel-Abſtand zweier aſtronomiſchen oder terreſtriſchen Objecte dadurch, daß man ihre Bilder zuſammenbringt. Man erblickt nemlich in dieſen Inſtrumenten jeden Gegenſtand doppelt, einmal direct geſehen, wie in jedem anderen Fernrohr,

und ſodann in einem Spiegel, von deſſen Stellung es abhängt, wie weit das directe und das Spiegelbild von einander abſtehen. Da man nun durch Drehung des Spiegels jeden beliebigen Abſtand der beiden Bilder deſſelben Gegenſtandes bewirken kann, ſo kann man auch das directe Bild eines Objects A dem Spiegelbilde eines andern B beliebig nähern, ſie alſo auch zur Berührung bringen. Alsdann giebt der mit dem Spiegel verbundene Gradbogen die ſcheinbare Entfernung an. Da einer der beiden Gegenſtände auch der Horizont ſein kann, und zwar ſowohl der natürliche als ein künſtlicher, ſo erhält man auch auf dieſe Weiſe die Höhe eines Gegenſtandes, jedoch ohne gleichzeitig zu erfahren, ob derſelbe im Meridian, oder wie weit von demſelben entfernt er ſtehe. Man kann alſo aus einer derartigen Beobachtung noch keinen Schluß ziehen, auch wenn die Declination bekannt iſt.

Da man aber doch jedenfalls die Zeit im Rohen kennt, mithin auch weiß, ob die Culmination ſchon vorüber oder noch zu erwarten iſt, ſo mache man eine ſolche Beobachtung vor der Culmination, notire den Moment und warte ab, bis ſich nach der Culmination dieſelbe Höhe wieder zeigt. Man kann zu größerer Sicherheit vor der Culmination mehrere ſucceſſive Höhen nehmen, und ſie nach derſelben in umgekehrter Folge wieder beobachten. Dieſe correſpondirenden Höhen und zugehörigen Zwiſchenzeiten geben, wenn die Declination bekannt iſt, die geſuchte Polhöhe durch eine einfache trigonometriſche Rechnung.

Am häufigſten beobachtet man zu dieſem Zweck die Sonne, da ſowohl der natürliche als künſtliche Horizont am Tage beſſer zu erkennen iſt und die — noch durch die Reflexion und Theilung der Bilder geſchwächte — Kraft der Sextanten-Fernröhre nur gering ſein kann. Man muß dabei berückſichtigen, daß die Declination der Sonne ſich vom

Vor- bis Nachmittag ändert, wenn man außer der Breite auch noch die Zeit des wahren Mittags finden will, die gleichfalls aus dieser Rechnung hervorgeht. Auf Schiffen kommt noch der Umstand hinzu, daß der Ort der Beobachtung in der Zwischenzeit der correspondirenden Höhen selbst wechselt. Deshalb wähle man die Höhen so, daß sie beide möglichst nahe dem Mittag fallen, und bestimme die Bewegung des Schiffes in der kurzen Zwischenzeit durch die gewöhnliche Schiffsrechnung, wenn dies nöthig sein sollte.

Für Fahrzeuge hatte die Nothwendigkeit diese Reflexions-Instrumente längst eingeführt. Als man sie gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in größerer Vollkommenheit verfertigt und ihre Theorie genauer entwickelt hatte, fing man auch an, sie für Beobachtungen auf dem Festlande anzuwenden. Namentlich ist es der hochverdiente Zach, der sie zu geographischen Ortsbestimmungen vielfältig anwandte und für ihre Verbreitung thätig war. Er nannte den Sextanten eine tragbare Sternwarte und war bemüht, ihn nicht für Breitenbestimmungen allein sondern für möglichst viele Aufgaben der geographischen Astronomie brauchbar zu machen. Ihr großer Nutzen, besonders in entfernten und uncultivirten Gegenden ist unverkennbar; indeß können sie an Genauigkeit nie mit größeren und festeren Instrumenten wetteifern, zumal wenn man bedenkt, daß der Sextant stets nur auf Umwegen das findet, was die übrigen Methoden direct geben.

Von ganz verschiedener Natur dagegen ist die Längenaufgabe. Wie schon oben bemerkt, unterscheiden sich die einzelnen Meridiane der Erde, was ihr Verhältniß zum Himmel betrifft, nur allein durch die Zeit, und zwar jeder Grad nur durch 4 Minuten Zeit. So kleine Differenzen aber können für den Anblick der Fixsterne keine Aenderung herbeiführen. Newyork und Neapel liegen in der Länge weit auseinander; da aber die Breite beider Orte ganz gleich ist, so werden die

Auf- und Untergänge, die Culminationen, die correſpondirenden Höhen u. dgl. in beiden Städten die gleiche Aufeinanderfolge, die gleichen Intervallen haben, wenigſtens was die Fixſterne betrifft. Daß alles dieſes in Newyork fünf Stunden ſpäter als in Neapel erfolgt, kann man unmittelbar an keinem der beiden Orte wahrnehmen, denn jeder derſelben hat ſeine eigene Zeit, die er eben durch die erwähnten Himmelsbegebenheiten beſtimmen kann. Die richtige Newyorker Uhr wird alſo gegen die richtige in Neapel um eben ſo viel nachgehen, als der Meridianunterſchied beträgt, es wird hier wie dort zwölf Uhr ſein, wenn die Sonne im Mittag ſteht, und die Frage nach dem Längenunterſchiede iſt ungelöſt. Um den Unterſchied beider Zeiten zu ermitteln, bedürfte man einer gleichſam abſoluten Zeit, die nach einem feſten Hauptmeridian regulirt, und alſo für die ganze Erde dieſelbe wäre, unabhängig von der Lage der einzelnen Meridiane. Die Vergleichung dieſer abſoluten Zeit mit der relativen jedes einzelnen Ortes würde die Aufgabe löſen. Es fragt ſich alſo: giebt es Mittel, eine ſolche abſolute Zeit zu erhalten und auf die ganze Erde zu übertragen? Ein einfaches und völlig genügendes Mittel wäre eine Uhr ohne Fehler, oder doch ohne Veränderlichkeit des Ganges während der ganzen zur Uebertragung erforderlichen Zeit. Ein anderes wären Signale, an beiden zu vergleichenden Orten ſichtbar, und zwar entweder künſtlich von uns zu veranſtaltende (was nur bei nahegelegenen Orten möglich iſt), oder ſolche, die der Himmel uns bietet, alſo Vorgänge, die ein hinreichend ſcharfes Moment der Beobachtung darbieten. Beide Methoden ſetzen übrigens voraus, daß das, was wir oben relative Zeit genannt haben, an jedem Orte durch geeignete Mittel hinreichend genau beſtimmt werde.

Die Wichtigkeit der Aufgabe namentlich für den Seefahrer — da durch eine ſolche fehlerhaft bekannte Länge der

Untergang des ganzen Schiffes herbeigeführt werden kann und oft genug herbeigeführt ist — bewog das englische Parlament im Jahre 1714 unter der Königin Anna, einen Preis von 20,000 Pfd. Sterling demjenigen auszusetzen, der irgend ein zuverlässiges Mittel angeben würde, die Länge auf der See (und also überhaupt) bis auf ¼ Grad Genauigkeit zu bestimmen. Der Preis war der höchste unter allen, die je gewonnen wurden (denn Napoleons Preis von 1,000,000 Franken auf die beste Spinnmaschine ist niemals realisirt worden). Wir können ihn also als eine Epoche in der Geschichte dieser Aufgabe ansehen, und es wird von Interesse sein, die Mittel kennen zu lernen, deren man sich vorher bediente. Eins der allgemeinsten waren die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten. Schon im siebzehnten Jahrhundert war ihre Theorie im Ganzen so weit berichtigt, daß man diese Ereignisse voraus zu berechnen im Stande war. Nur konnten sie nicht ohne ein Fernrohr, das für den Gebrauch in freier Hand schon fast zu groß ist, beobachtet werden; sie halfen demnach dem Seefahrer wenig, wiewohl sie auf dem Lande mit ziemlichem Erfolge angewandt wurden. Der Moment der Verfinsterung ist meist auf eine Zeitsecunde sicher, ebenso das Wiedererscheinen. Sie sind also ein treffliches — und auch noch jetzt nicht ganz antiquirtes — Mittel da, wo man Zeit und Ruhe hat, die Begebenheit abzuwarten und sicher zu beobachten. Ereignen sie sich auch nun im Ganzen oft genug, da kaum die Hälfte der Nächte ohne eine solche Begebenheit vorübergeht, so hat doch jedes Jahr einen Ausfall von 3—4 Monaten, während welcher Zeit Jupiter bei der Sonne steht, und einen andern von 2—3 Wochen, während er in Opposition steht und die Finsternisse für uns größtentheils unsichtbar sind. Mondfinsternisse hatten vor denen der Jupiterstrabanten das voraus, daß sie keines oder doch nur eines sehr mäßigen

und unter allen Umständen leicht zu handhabenden Fernrohrs bedurften. Allein theils ereignen sie sich viel zu selten, als daß sie dem Seefahrer von erheblichem Nutzen sein könnten, theils ist ihr Anfang und Ende nicht mit Schärfe wahrzunehmen, da der auf den Mond fallende Erdschatten verwaschen ist und ein allmälig dichter werdender Halbschatten ihm vorhergeht. Die Erfahrung lehrt, daß man auf 2—3 Minuten Unsicherheit gefaßt sein muß, und das hätte über einen halben Grad Unsicherheit in der Länge veranlaßt, mithin schon um deswillen der Preisaufgabe nicht genügt.

Sonnenfinsternisse lassen sich weit schärfer beobachten und bedürfen nur eines sehr mäßigen oder auch gar keines Fernrohrs. Aber sie sind für einen einzelnen Erdort noch seltener als Mondfinsternisse, lassen Jahre lang auf sich warten, und sind deshalb dem Seefahrer so gut als unnütz. Ueberdieß aber ereignen sie sich nicht gleichzeitig für die ganze Erde, geben also die absolute Zeit nicht direct an, wiewohl sie durch Rechnung daraus erhalten werden kann. Denn der halbe wie der volle Schatten des Mondes beschreiben ihren Weg über die rotirende Erde, und es hängt von der Erd- und Mondbewegung ab, wie schnell dies geschieht; immer aber verfließen einige Stunden Zeit. Die erforderliche Rechnung, um die für den Mittelpunkt der Erde gültige absolute Zeit aus den wirklich beobachteten Zeiten abzuleiten, konnte damals noch nicht in aller Strenge geführt werden.

Diese Bemerkung trifft auch die Sternbedeckungen durch den Mond, die sich übrigens viel häufiger ereignen als Sonnenfinsternisse, dagegen aber mit wenigen Ausnahmen eines guten Fernrohrs bedürfen.

Uebrigens erfordern alle diese astronomischen Momente, wenn der Seefahrer seine Länge daraus sogleich ableiten soll, eine scharfe Vorausberechnung für einen bestimmten Ort, die der Beobachter auf dem Lande nur als Anzeige des

Phänomens, also nur beiläufig richtig, bedarf, denn dieser hat nach gemachter Beobachtung Zeit, die Nachrichten von den an andern Orten gemachten abzuwarten und seine Rechnung alsdann mit aller Muße auszuführen; der Seefahrer aber will auf der Stelle, oder doch in möglichst kurzer Frist das Resultat wissen, da es später für ihn von keinem Nutzen sein kann. Für ihn also muß die Vorausberechnung die Stelle der correspondirenden Beobachtung ersetzen und folglich möglichst genau sein. Dies aber war in jener Zeit nicht wohl möglich, da es an einer genügenden Theorie der Bewegungen, namentlich des Mondes, so wie auch an hinreichend scharfen Sternörtern fehlte. Es war also vorauszusehen, daß die Aufgabe schwerlich durch eine einzelne neue Entdeckung, sondern nur durch Wegräumung der so höchst mannichfaltigen Hindernisse, also wohl nicht von Einem, sondern nach und nach von Mehreren werde gelöst werden, wie denn auch der Erfolg gezeigt hat.

Es verdient noch angeführt zu werden, daß Halley einen Vorschlag gemacht hat, der, wenn er praktisch die erforderliche Genauigkeit gewährte, die Längenaufgabe ganz aus dem Gebiete der Astronomie ausschließen würde. Die Abweichung der Magnetnadel ist nemlich verschieden für verschiedene Orte der Erde, und die Linien, für welche die gleiche Abweichung stattfindet, durchschneiden sowohl Meridiane als Parallellinie unter verschiedenen Winkeln. Vorausgesetzt also, daß man die Abweichung für alle Punkte der Erde kenne, so würde man aus der gegebenen Breite und Länge die Abweichung, folglich auch umgekehrt aus der Breite und magnetischen Abweichung die Länge finden können, sogar ohne Zeitbestimmung. Allein die Abweichung der Magnetnadel ist veränderlich nach Perioden der Tages- und Jahreszeiten, so wie nach größeren noch nicht genau bekannten Perioden, und zeigt überdieß unregelmäßige, von den Witterungs-

phänomenen, den Nordlichtern u. dgl. abhängige Veränderungen, dann aber ist ihre Veränderung für 1/4 Grad Länge in den meisten Erdgegenden zu gering, als daß es auf einen segelnden Schiffe möglich wäre, den Unterschied mit Sicherheit wahrzunehmen. Diese Beobachtungen sind dem Seefahrer in anderer Beziehung wichtig, für die Länge aber können sie ihm keinen Vortheil gewähren.

Der bedeutende Preis setzte vor Allen die Uhrmacher in Bewegung. Wir haben gesehen, daß eine Uhr, welche die erforderliche Genauigkeit gewährt, die Aufgabe auf die einfachste und allgemeinste Weise löst. Wäre der Gebrauch des Pendels zulässig gewesen, den schon Huygens 1660 eingeführt hatte, so wäre das Ziel viel leichter erreicht worden; allein bei Uhren, die während des Transports richtig fortgehen sollen, sind Pendel und Gewicht von selbst ausgeschlossen; man mußte also dem Federwerk der gewöhnlichen Taschenuhr diese Vollkommenheit ertheilen.

Setzen wir drei Monate als diejenige Zeit, während welcher die Uhr erforderlichen Falls Gewähr leisten muß (denn wenn man einen Punkt von bekannter Länge erreicht hat, kann man sie auf's Neue berichtigen und prüfen) und man verlangt diese Gewähr bis auf 1/4 Grad, so darf sie am Ende des Zeitraumes nicht über eine Minute Unsicherheit lassen, man muß also ihres täglichen Ganges auf 0″,6 gewiß sein können, oder die Abweichungen von der richtigen Zeit dürfen nicht über 1/140,000 der gesammten Zeit betragen — allerdings eine bedeutende Aufgabe für eine Federuhr. Auch währte es funfzig Jahre, ehe es einem Künstler, Harrison, gelang, die Aufgabe so weit zu lösen, daß man ihm nach einer vorläufigen Prüfung seiner Uhr die Hälfte des Preises auszahlte und die andere nach einer umfassenden strengeren Prüfung zusagte. Diese aber bestand sie nicht, ja die Fehler des Standes der Uhr betrugen nach 3 Monaten

ſchon gegen 9 Minuten. Es muß bemerkt werden, daß die Forderung dahin ging, daß keine Temperatur, kein Feuchtigkeitswechſel den Gang der Uhr alteriren dürfe und ſie unter allen Umſtänden dem Seefahrer Gewähr leiſte. — Was Harriſon nicht vollſtändig gelungen war, verſuchten nach ihm Mudge und andere Künſtler nicht ohne Erfolg, wie denn jetzt die verſchiedenen Chronometer und Timekeepers bei allen Seefahrern und auf allen Sternwarten in Gebrauch ſind. Indeß wird man ſich nicht verhehlen, daß auch das allervollkommenſte mechaniſche Inſtrument kein unbedingtes Vertrauen erwecken kann da, wo Leben und Tod einer ganzen Schiffsmannſchaft allein von ihm abhängig iſt. Der geringſte, das koſtbare Werkzeug treffende Unfall — und man denke an die verſchiedenen Zufälle, denen ein Seefahrer ausgeſetzt iſt — konnte möglicherweiſe die beſte Uhr unbrauchbar machen, und was dann? Deshalb alſo war und blieb es von höchſter Wichtigkeit, noch von einer anderen Seite die Gewähr zu leiſten; und wir haben ſchon geſehen, daß dies nur auf aſtronomiſchem Wege möglich iſt, zumal wenn es ſich um das Bedürfniß des Seefahrers handelt. Das Meiſte kam auf eine genau berichtigte Mondstheorie an, denn bei dem raſchen Laufe dieſes Weltkörpers verändern ſich ſeine Beziehungen zu anderen in kurzer Zeit merklich, und mit Ausnahme der Trabantenfinſterniſſe im Jupitersſyſtem kommt unſer Mond bei allen hierher gehörigen Methoden in Betracht. Die andere Hälfte des Preiſes ward alſo nach und nach unter diejenigen britiſchen wie auswärtigen Aſtronomen vertheilt, welche ſich um Vervollkommnung der Mondstheorie ein weſentliches Verdienſt erwarben. So erhielt Tobias Mayer in Göttingen 3000 Pfd. für ſeine Mondstafeln, und die Erben Euler's eine ähnliche Summe für des Letzteren analytiſche Unterſuchungen, welche der Mondstheorie zu Statten kamen. Wohl nie hat eine Preisauf-

gabe so wichtige und wohlthätige Folgen gehabt, nie größere und edlere Kräfte in Bewegung gesetzt. Die von Mason, Bürg, Laplace, Burkhardt, Plana, Damoiseau, Hansen, u. A. immer mehr verfeinerte Mondstheorie leistet jetzt der Aufgabe ein völliges Genüge. Für die kurzen Zwischenzeiten um den Neumond herum, oder wenn sonst aus anderen Ursachen der Mond nicht sichtbar wäre, müssen allerdings die Chronometer aushelfen; allein da man deren stets mehrere an Bord hat und man sie nun oft genug prüfen kann, ohne eine Landung abwarten zu müssen, so ist auch ihr Dienst gesichert, und Unglücksfälle, die in Unkunde des Orts ihren Grund haben, kommen jetzt fast gar nicht vor. Mit Beiseitsetzung der zu seltenen, zu schwierigen oder auch nicht hinreichend genauen Beobachtungsmomente der vorstehend aufgeführten Arten, wählt man jetzt einfach den Lauf des Mondes selbst, durch welchen sein Abstand von der Sonne, den Planeten und den Fixsternen in jedem Augenblick ein anderer wird. Man wählt nun die hellsten dieser Körper, Sonne, Mond, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und die der Ekliptik nahen Fixsterne erster Größe, und berechnet den Abstand des Mondes von jedem derselben, so oft er nicht zu weit von ihm absteht, von 3 zu 3 Stunden im Voraus. Diese Abstände nun nimmt der Schiffer in seinem Reflexionsinstrument wahr, reducirt diese Beobachtung nach den ihm gegebenen möglichst vereinfachten und erleichterten Formeln, und findet dadurch, wie groß in demselben Moment der Abstand in Greenwich oder derjenigen festen Sternwarte, für welche die Berechnung angelegt ist, und folglich auch, was es dort an der Zeit sei. Da er nun seine eigene Zeitbestimmung möglichst kurze Zeit vorher gemacht und durch die Uhren seines Schiffes fortgeführt und festgehalten hat, so erhält er den Unterschied der Zeit zwischen seinem und dem Normalorte, folglich seine Länge.

Allein was dem Schiffer, der nur ein momentanes unmittelbares Intereſſe daran hat, ſeinen Ort zu kennen, genügend erſcheinen muß, kann da nicht ausreichen, wo man ein Reſultat von bleibender und wiſſenſchaftlicher Geltung verlangt. Unſere Landkarten würden auch ſelbſt für den gewöhnlichſten Gebrauch nicht genügen, wenn ſie Fehler von ¼ Grad in Länge enthielten. Da nun auch dem auf dem feſten Lande Beobachtenden ganz andere Hülfsmittel zu Gebote ſtehen, ſo werden auch die Methoden und Werkzeuge, die er anwendet, andere ſein müſſen.

Die Sternbedeckungen durch den Mond ſind gegenwärtig das am häufigſten und allgemeinſten angewandte. Bedient man ſich eines guten und insbeſondere ſcharfe Begrenzungen gewährenden Fernrohrs, ſo iſt das Verſchwinden eines Fixſternes hinter dem Mondrande, namentlich dem dunklen, ein ſo plötzliches Ereigniß, daß man bei ſtrenger Aufmerkſamkeit, und wenn nicht nachtheilige Nebenumſtände eintreten, ſeiner wohl auf eine Viertelſecunde Zeit gewiß ſein kann. Mißlicher iſt die Beobachtung des Wiedererſcheinens (Austritts). Einmal iſt es nicht leicht, den Punkt des Mondrandes, wo er erfolgen wird, ganz genau im Voraus zu wiſſen (bei den Eintritten hat man dies nicht nöthig), zweitens aber überglänzt der helle Mondrand den meiſt ſchwachen Stern ſo ſehr, daß man ſein erſtes Erſcheinen leicht ganz verfehlt. Tritt er aber am dunkeln Rande aus, ſo muß man den Blick auf's Ungewiſſe in den leeren Himmelsraum richten, wodurch die Beobachtung meiſtens noch ſchwieriger wird. Es genügt indeſſen, wenn auch nur die Eintritte an den zu vergleichenden Orten gut beobachtet ſind, wiewohl beide Momente zuſammengenommen die Sicherheit und Genauigkeit des Reſultats beträchtlich vermehren. Der Unterſchied, den beide Orte wahrnehmen, iſt ein zwiefacher: ein reiner Meridianunterſchied, von der Verſchiedenheit der

relativen Zeiten herrührend, und ein parallaktiſcher. Man denke ſich von dem betreffenden Stern gerade Linien zu den verſchiedenen Punkten der Erdoberfläche, ſo werden dieſe zwar wegen der großen Entfernung des Sterns als parallele, jedoch nicht als zuſammenfallende betrachtet werden können, und der Mondrand erreicht dieſe verſchiedenen Linien zu verſchiedenen Zeiten, ſo wie an verſchiedenen Punkten. Hätten alſo auch alle Orte die gleiche abſolute Zeit, ſo würden ſie dennoch verſchiedene Momente der Beobachtung erhalten. Dieſen parallaktiſchen Unterſchied zu ermitteln, und ſo aus dem Reſultat zu ſchaffen, daß man den Unterſchied der relativen Zeiten, und alſo den der Länge, rein erhält, iſt Sache des Berechners.

Könnte die Vorausberechnung ganz ſtreng ſein, wäre alſo ſowohl der Ort des Fixſternes als auch die Bewegung des Mondes genau bekannt, ſo genügte die Beobachtung an Einem Orte. Da man dieſem Ziele jetzt wenigſtens ſchon ziemlich nahe iſt, ſo hat man für mehrere Beobachtungen z. B. die, welche Humboldt in Südamerika angeſtellt hat, wenn keine vergleichenden in Europa zu finden waren, ſich mit der Vorausberechnung als Surrogat der zweiten Beobachtung bisher begnügt. Die Erfahrung lehrt, daß die einzelnen, durch Sternbedeckungen beſtimmten Längen, ſelbſt wenn beide Beobachter den Moment als ſcharf beſtimmten, ihre Zeitbeſtimmungen als ſicher angeben, doch um mehrere Secunden, in einzelnen Fällen bis zu 8 und 10 Secunden Zeit von einander abweichen, und zwar ſind die Unterſchiede meiſtens größer, wenn man ſehr entlegene Orte mit einander vergleicht. Die Schuld iſt den Beobachtern ſelbſt wohl nicht beizumeſſen, ſondern größtentheils dem Umſtande, daß der Mond nur im Allgemeinen kugelförmig, ſonſt aber mit zahlreichen und ſehr hohen Bergen beſetzt iſt. Die Scheibe des Mondes iſt alſo auch kein genauer Kreis, wie der Be-

rechner annimmt und annehmen muß, sondern zeigt an ihrem Rande Aus- und Einbiegungen, hervorragende Spitzen und eingeschnittene Thäler. Verschwindet nun beim Eintritt der Stern hinter einem Randberge, so geschieht dies begreiflich früher, als wenn an dieser Stelle ein thalartiger Einschnitt oder auch eine ebene Fläche sich befindet. Dieser Mangel ist wohl längst schon erkannt, es ist aber gar nicht leicht ihm abzuhelfen. Da indeß Sternbedeckungen häufig vorfallen (jährlich etwa 120 an einem gegebenen Orte sichtbare, wenn man Sterne bis zur siebenten Größe nimmt), so kann man da, wo anhaltend beobachtet wird, stets das Mittel aus vielen Bedeckungen nehmen und somit ein auf Theile von Zeitsecunden genaues Resultat erhalten.

Den Sternbedeckungen verwandt sind die Sonnenfinsternisse; doch ereignen sie sich zu selten und stehen, wie die Erfahrung zeigt, an Genauigkeit guten Sternbedeckungen gewöhnlich nach. — Noch viel ungenauer sind, wie schon bemerkt, die Mondfinsternisse, deren man sich auch nur im Nothfall zu rohen und vorläufigen Bestimmungen bedient. Auch die Verdunkelung und Wiederaufhellung einzelner Mondflecke, die man etwas genauer beobachten kann, als Anfang und Ende der Finsterniß, und die man zugleich bei einiger Kenntniß der Mondtopographie in ziemlicher Anzahl bei einer großen Finsterniß erhalten kann, können sich in ihrem Resultat mit den Sternbedeckungen nicht messen. Seit Zach sind sie nicht weiter zu Längenbestimmungen angewandt worden.

Die Culmination des Mondes muß, da der Mond zugleich eine eigene Bewegung hat, für die verschiedenen Erdorte verschieden sein, und zwar nicht blos der absoluten, sondern auch der relativen Zeit nach, und kann also zu Längenbestimmungen dienen. Am einfachsten macht sich die Sache so, daß man den Mond und eine oder einige benach-

barte Sterne paſſiren läßt. Hätte der Mond keine eigene Bewegung gehabt, ſo würde die Differenz zwiſchen der Mond- und Sternculmination an beiden Orten dieſelbe ſein müſſen. Die wahrgenommene Verſchiedenheit der beiden Zwiſchenzeiten iſt Folge der eigenen Bewegung des Mondes; da man nun dieſe der Quantität nach kennt, ſo läßt ſich auch finden, wieviel abſolute Zeit zwiſchen den Mondsculminationen der beiden Orte verfloſſen iſt, folglich wie groß ihr Längenunterſchied ſei.

Einzeln genommen gewähren dieſe Beobachtungen nur geringe Genauigkeit; da man ſie aber in großer, faſt beliebiger Menge erhalten kann und ſie zugleich zu den leichteſten gehören, die man mit ganz mittelmäßigen und nur proviſoriſch feſten Fernröhren anſtellen kann, ſo iſt ihr Gebrauch nicht zu verwerfen, und man hat ſie in neueren Zeiten vielfach angewandt. Man erſpart dabei zugleich die beſondere Zeitbeſtimmung, da ſie, ſo weit ſie hier in Betracht kommt, in der Beobachtung des Fixſternes enthalten iſt.

Der Zweck würde verfehlt ſein, wenn jeder Beobachter die Sterne, die er mit dem Monde culminiren läßt, beliebig wählen wollte, denn nur Beobachtungen deſſelben Sterns geſtatten eine Vergleichung. Es iſt alſo unter den Aſtronomen der Erde die Uebereinkunft getroffen, ein einziges Verzeichniß der an jedem Abend zu beobachtenden Sterne im Voraus zu veröffentlichen. Der in England erſcheinende und zunächſt für die Sternwarte Greenwich berechnete „Nautical Almanac“ hat dies übernommen, und die in andern Ephemeriden, z. B. in dem Berliner Jahrbuch, publicirten Verzeichniſſe der Sterne im Parallel des Mondes ſind mit ihm gleichlautend.

Die Verfinſterungen der Trabanten Jupiters ereignen ſich häufig, ſind leicht zu beobachten und geben den Längenunterſchied ohne Parallaxenrechnung unmittelbar. Indeß iſt der Moment des Verſchwindens von vielen Neben-

umständen abhängig. Der Trabant verschwindet nemlich nicht wie ein Stern, bei Bedeckungen, plötzlich und im vollen Glanze, sondern er tritt allmälig in den Jupitersschatten. Bei seiner sehr raschen Bewegung verfließen zwar nur 3—4 Minuten von der ersten Berührung des Schattens bis zur völligen Verdunkelung, wozu unser Mond eine Stunde gebraucht. Allein die letzte Secunde der Sichtbarkeit ist dennoch schwer zu bestimmen. Zuweilen bleibt der Beobachter auf 5 Secunden unsicher. Glaubt er aber auch sicher zu sein, so wird ein anderer, der ein stärkeres Fernrohr, ein schärferes Auge hat, oder sich einer größeren Heiterkeit des Himmels, eines höheren Standes der Planeten, einer tieferen Nachtdunkelheit erfreut, den Moment gewiß mehrere Secunden später notiren und das Wiedererscheinen ist meistens noch unsicherer als das Verschwinden. — Bedient man sich stets desselben Fernrohrs, beobachtet so viel als möglich gleichviel Ein- als Austritte, vermeidet man Dämmerungszeiten und andere nachtheilig einwirkende Umstände, so kann gleichwohl eine beträchtliche Zahl von solchen Finsternissen eine brauchbare Längenbestimmung liefern; auch geben die astronomischen Ephemeriden, des jetzt seltener gewordenen Gebrauchs ungeachtet, immer die Vorausberechnung der Finsterniß-Momente nebst den erforderlichen Nebenbestimmungen.

Eine von Boguslawsky vorgeschlagene, bis jetzt noch nicht angewandte Methode für Orte, deren einer vom andern aus gesehen werden kann, beruht auf folgendem Princip. Man lege durch zwei Erdorte eine Verticalebene, so wird der Durchgang irgend eines Gestirns durch diese Ebene ein und derselbe absolute Moment sein. Man richte also ein Fernrohr von A auf B, und bewege es nun in diesem Vertical aufwärts, so weit es nöthig ist, um den verabredeten Stern hindurchgehen zu lassen; das Fernrohr in B richte man auf A, bewege es um 180° herum und

verfahre dann wie in A: so werden die wahrgenommenen Momente des Durchgangs den relativen Zeitunterschied geben. Wegen der nicht sphärischen Gestalt der Erde werden einige kleine Correctionen nöthig sein, die man mit Leichtigkeit erhält. Große Sorgfalt wird indeß die Aufstellung der Fernröhre erfordern.

Wenn zwei Orte A und B zwar nicht von einander, doch aber von einem dritten C aus beide gesehen werden können, so kann man in C ein künstliches Signal veranstalten, was gleichzeitig in A und B gesehen werden kann. Das beste Mittel sind Pulverblitze (Blickfeuer). Der Punkt, wo sie gegeben werden, muß unveränderlich sein, um ein Fernrohr auch in der Nacht mit Sicherheit darauf richten zu können.

Raketen gewöhnlicher Art verlöschen nicht plötzlich genug, sonst würden sie, da sie eine bedeutende Höhe erreichen, auch noch für Orte anwendbar sein, die in C vom Erdboden aus nicht mehr gesehen werden könnten, doch aber noch den Punkt, wo die Rakete verlöscht, über ihrem Horizont haben. Man hat indeß mit günstigem Erfolge zu diesem Zweck eine besondere Art Raketen angewandt, die beträchtlich hoch steigen und nicht nach Art der gewöhnlichen verlöschen, sondern einen Pulverblitz in der Höhe sehen lassen.

Durch eine Kette von Signalen kann man auch entlegenere Orte verbinden, und hat zugleich, wenn man nicht auch die Länge der zwischenliegenden Stationen verlangt, nur nöthig, an beiden Endpunkten die erforderliche Zeitbestimmung zu machen. Blos hörbare Signale haben sich nicht bewährt gezeigt. Gauß hat vorgeschlagen, die Schwingungen der Magnetnadel (nicht wie Halley die Declination selbst) zu Längenbestimmungen anzuwenden. Diese kleinen, oft plötzlich und in kurzen Intervallen sich zeigenden Veränderungen ereignen sich, wie die neuesten Erfahrungen am Magnetometer gezeigt haben, gleichzeitig an sehr entlegenen

Punkten (wie z. B. Mailand und Christiania). Man würde also — stets eine sichere Zeitbestimmung vorausgesetzt — in diesen Bebungen terrestrische Signale haben, die nicht an die Bedingung des gleichzeitigen Sichtbarseins geknüpft wären, was den Gebrauch anderer Signale so sehr einschränkt. Doch werden noch viele Erfahrungen gesammelt und die Methode an bereits bekannten Längen geprüft werden müssen, bevor man Gebrauch davon machen kann, und es scheint nicht, daß sie eine der bereits bekannten verdrängen werde. Fällt die Bedenklichkeit, sich dem Chronometer allein überlassen zu müssen, hinweg, so ist diese Methode der Berechnung die beste, da man bei ihr zugleich die Versuche beliebig wiederholen kann. Die bisherigen, freilich noch nicht in sehr großem Maßstabe ausgeführten Reisen haben ein so glänzendes Resultat geliefert, daß in der Folge, wenn die Uhrmacherkunst einerseits und die Raschheit der Communication andererseits noch weitere Fortschritte gemacht haben, dies Mittel allen übrigen vorgezogen werden wird. Das Princip ist äußerst einfach: die Zeit eines Ortes A wird durch einen oder mehrere Chronometer möglichst rasch nach einem andern B, der seine Zeit gleichfalls bestimmt, übertragen.

So haben zwanzig chronometrische Reisen, welche die Gebrüder Petersen im Jahre 1835 zwischen Altona und Berlin mit mehreren Chronometern unternahmen, den Längenunterschied dieser Orte bis auf ¼ Secunde etwa festgestellt. Hätte zwischen beiden Orten eine Eisenbahn bestanden, so hätte eine noch 3—4mal größere Genauigkeit (so weit diese nemlich vom Gange der Chronometer abhängt) erhalten werden können. Ein im Ganzen nicht minder günstiges Resultat ergaben die Reisen, welche auf Veranlassung der russischen, preußischen, dänischen und schwedischen Regierung im Sommer 1833 von dem Schiffe „Hercules" unter Schubert's Leitung ausgeführt wurden, um die wichtigsten

Küstenpunkte des baltischen Meeres zu bestimmen. Da nur an wenigen derselben feste Sternwarten waren, so errichtete man temporäre Beobachtungsstationen zur Zeitbestimmung. Da man jetzt schon dahin gelangt ist, die Dampfschiffreise von England nach Amerika in 7½ Tagen machen zu können, so dürfen wir hoffen, den Längenunterschied von Greenwich und Newyork bald chronometrisch bestimmt zu sehen, mit weit größerer Sicherheit, als dies durch die bisherigen Methoden möglich war; und in ähnlicher Art den der Hauptstädte Europa's, wenn erst das Eisenbahnnetz zwischen ihnen vollendet sein wird.

Zwischen den durch die Arbeiten der Astronomen bestimmten Punkten spannt nun weiter der Geodät sein Netz aus, sowohl um die Lage derjenigen, die jener unbestimmt gelassen hatte, zu ermitteln, als auch, in einem größeren Maßstabe operirend, die Gestalt unsers Erdkörpers zu erforschen. Bis jetzt ist die letztere Aufgabe eigentlich nur in Beziehung auf die Breiten ausgeführt worden; man hat Meridianbögen der Erde gemessen. Aber auch die Messung der Parallelen wird nöthig sein, um die Figur der Erde nach allen ihren Dimensionen, so weit dies möglich, zu erforschen. Noch wäre das Letztere zu früh; Längenbestimmungen, an welche der Geodät anknüpfen und mit denen er seine Arbeit vergleichen müßte, um ein sicheres Resultat zu gewinnen, sind noch nicht in hinreichender Genauigkeit auf allen Punkten gegeben.

Unvollkommen, wie es nicht anders zu erwarten war, fielen die ersten Gradmessungsversuche aus. Die alten Methoden waren schon von der Art, daß keine Schärfe zu erwarten war. So maßen Fernel im sechszehnten und zum Theil noch Norwood im siebzehnten Jahrhundert den Bogen des Meridians durch die Umläufe eines Wagenrades; und in dem astronomischen Theile der Arbeit waren die Fehler

noch größer, da man von der Aberration und Nutation noch nichts wußte, und die Theilung ihrer Instrumente, ihre Aufstellung und Nivellirung, so wie die mikrometrischen Vorrichtungen noch sehr unvollkommen waren. Alle vor der peruanischen Messung ausgeführten und eine bedeutende Anzahl der späteren Gradmessungen haben daher nur noch geschichtlichen Werth. So die unter Ludwig XIV. ausgeführte französische Gradmessung von Dünkirchen bis Perpignan von Picard, Lahire und Cassini ausgeführt. So großen Werth in chartographischer Hinsicht die Cassini'schen Dreiecke haben, so gering ist dieser in Beziehung auf die Bestimmung der Erdgestalt. Sie haben nichts bewirkt, als eine funfzigjährige Verwirrung, einen Kampf, der noch im Kindheitsalter begriffenen Praxis mit der ihr weit vorausgeeilten Newton'schen Theorie. Die Eiform war die letzte der chimärischen Metamorphosen, welche unsere Erde durchgemacht hat, von dem chinesischen Viereck und der indischen Lotosblume an, durch den Teller, die Säule, die Scaphe und andere Formen hindurch, über die Birne des Columbus hinweg bis zu dieser Mißgeburt der ersten Gradmessungen.

Nachdem Bouguer, Condamine und Godin ihre neun Jahre Zeit erfordernde peruanische Messung zu Stande gebracht hatten, und Maupertuis' gleichzeitig in Lappland, begonnene, aber weit früher vollendete Messung damit verglichen werden konnte, entschwand jeder Zweifel über die wahre Erdgestalt, nur das Wieviel der Abplattung an den Polen stand noch in Frage. Der Abplattungscoefficient und die Größe der Erde waren fortan die Hauptaufgaben bei jeder neuen Gradmessung. Eine derselben ist am Cap der guten Hoffnung von Lacaille 1750, eine andere von Mason und Dixon 1764 in Pensylvanien ausgeführt worden; letztere maßen den ganzen Bogen von $1\frac{1}{2}^0$ direct mit der Meßkette. Wären diesen beiden an

Genauigkeit und Zuverlässigkeit der peruanischen gleich, so würden sie geeignet sein, zwei wichtige Fragen, welche die Conformität der nördlichen und südlichen, so wie der östlichen und westlichen Halbkugel unserer Erde betreffen, zu beantworten. Leider war ihr Ausschluß durch ihre inneren Incongruenzen geboten, und so dienen sie, wie noch mehrere andere jener Zeit, nur zu einer Mahnung, bei allen künftigen Messungen die höchste Aufmerksamkeit auf alle noch so gering scheinenden Nebenumstände zu richten, wie dies unter Allen am meisten Bessel in seiner preußischen Gradmessung gethan hat, die für das neunzehnte Jahrhundert das ist, was die peruanische für das achtzehnte war. Die Bestimmung der Grundlinie ist es hauptsächlich, welche die höchste Sorgfalt erfordert, die sich einerseits auf die genaue Ermittelung des Werths und der Veränderungen der angewandten Maßstäbe, andererseits auf die Methode des Abmessens zu richten hat. Bei der preußischen Gradmessung ward eine Basis von einer halben Meile so genau gemessen, daß der zu befürchtende Fehler nicht über $^1/_6$ Zoll betrug. So war es denn erklärlich, daß die gemeinschaftlichen Seiten dieser preußischen und der an Güte mit ihr wetteifernden litthauischen Messung, obgleich mehrere Meilen lang, doch bis auf wenige Zolle und Theile eines Zolles übereinstimmten, und daß Bessel trotz der Kürze seines Meridianbogens es wagen konnte, zu untersuchen, ob die einzelnen Theile desselben der gleichen Ellipse entsprächen.

Aber auch diese im Sinne der Meridiane ausgeführten Gradmessungen, so zufriedenstellend ihr Resultat, allgemein betrachtet, gegenwärtig erscheint, sind doch von ihrem erreichbaren Ziele noch weit entfernt. Die gemessenen Meridianbögen sind meistens nur Stücke von wenigen Graden und gehören sehr verschiedenen Meridianen an. Die zehn Messungen, welche Bessel in seiner trefflichen Berechnung als die zuverlässigeren annimmt, betragen zusammen 35 Grad,

die meistens in Europa und Ostindien zerstreut liegen. Das längste Stück, die französische Gradmessung, reicht von Formentera bis Dünkirchen durch $12^2/_5$ Grade. Kein gemessener Punkt liegt in der südlichen Halbkugel, und der Aequator, da wo er das Andesgebirge schneidet, ist die südlichste Grenze. Ebenso ist zwischen + 15° 6′ und + 38° 40′ Br. eine große Lücke. Zu einem Resultat können wir diese Messungen nur verbinden durch die Annahme, daß alle Meridiane der Erde gleiche Form haben, und es ist nicht wahrscheinlich, daß dies in aller Strenge stattfinde. Ferner muß die südliche Halbkugel als congruent mit der nördlichen angenommen werden, was gleichfalls einigen Zweifeln unterliegt. — Nicht eher, bis wenigstens ein Meridian in möglichst großer Erstreckung über ganze Erdtheile hin durchmessen ist, wird man eine ganz feste Basis weiterer Untersuchungen gewinnen, indem alsdann jedes einzelne Stück eines anderen entlegeneren Meridians mit dem entsprechenden des erstern verglichen werden kann, während dieses auf die Gestalt der Erde unter diesem Meridian einen bestimmten Schluß ziehen läßt.

Zu einer solchen Messung dürfte die Aussicht nicht gar zu fern liegen. Es ist jetzt im Werke, die von Struve ausgeführte liefländische Gradmessung, die von Jacobstadt 56° 30′ bis Hochland 60° 5′ reicht, durch eine nördliche Fortsetzung in Finnland und Lappland an die dort von schwedischen Gelehrten (Schwanberg und Oefverbom) ausgeführte anzuschließen. Letztere reicht von Mallörn 65° 31′ bis Pahtawara 67° 9′, der nördlichste von Gradmessungen bisher berührte Punkt. Dadurch würde eine Ausdehnung von $10^2/_5$ gewonnen sein. Aber auch in südlicher Richtung soll diese Messung durch Curland und Litthauen fortgesetzt und bis zur türkischen Grenze verlängert werden. Unter den gegenwärtigen Umständen steht zu hoffen, daß auch eine noch weitere Fortsetzung den Hindernissen nicht begegnen werde,

die bisher in allen nichtchristlichen Staaten umfassende wissenschaftliche Arbeiten erschwerten oder unmöglich machten. Schon die auf diese Weise zu hoffende Verbindung der Nord- und Südspitze Europa's würde eine dem zehnten Theile des Erdumfangs gleiche Erstreckung in nahe gleichem Meridian umfassen. Bedenken wir nun aber, daß auch Afrika gerade in dieser Erstreckung den längsten Meridian darbietet, so ist wenigstens für ein späteres Jahrhundert die Möglichkeit gegeben, eine vom europäischen Nord- bis zum afrikanischen Südcap reichende, durch keine zu großen Lücken unterbrochene Gradmessungskette zu vollenden, was mehr als ein Drittel des Erdumfangs beträgt und wovon ein beträchtlicher Theil der südlichen Halbkugel angehört. Erst wenn diese Arbeit und eine ähnliche im westlichen Continent durchgeführt sind, wird sich herausstellen, ob wirklich, wie man aus einigen Daten vermuthet, der westliche Continent eine Depression im Vergleich zum östlichen zeigt, oder ob wir alle Meridiane als congruent anzusehen haben. Die hohe Wichtigkeit einer definitiven Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen aber wird Niemand leugnen, der eingedenk ist des Ausspruchs eines der größten Geographen, unsers trefflichen Ritter:

„Unsere Erde ist nur ein Stern unter den Sternen,
„und wir auf ihm sollten nicht durch ihn uns vor-
„bereiten zur Anschauung der Welt und ihres Schöpfers
„und Meisters?"

XII.

Die Sonne.

Das „große Licht, das den Tag regiert", ist seit den ältesten Zeiten ein Gegenstand nicht allein der Beobachtung, sondern vielfach selbst der religiösen Verehrung gewesen überall, wo der reine Monotheismus die Herrschaft nicht gewinnen konnte, weshalb denn auch kein alter Dichter und nur wenige der alten Schriftsteller ihrer nicht gedenken. Nicht zu verwundern ist es daher, daß wir so vielen Meinungen und Muthmaßungen über die Natur der Sonne begegnen. Das frühere Alterthum, das sich mit der Idee eines freischwebenden Weltkörpers überhaupt nicht befreunden konnte, dachte sich am gewöhnlichsten den Himmel als ein festes Gewölbe, hinter welchem überall Feuer sei, und die Sonne als eine Oeffnung dieses Gewölbes, durch welche wir das Feuer erblicken, so daß man z. B. Sonnenfinsternisse durch ein Zusammenziehen und Schließen dieser Oeffnung erklärte. Später, namentlich in der alexandrinischen Zeit, waren zwar diese Vorstellungen längst überwunden, aber noch fehlte viel, daß man sich genaue Rechenschaft über jenes mächtige Gestirn hätte geben können. Und noch heut, trotz so zahlreicher und genauer astronomischer Beobachtungen, trotz unserer Polarisationsversuche und unserer Daguerreotypie, sind wir weit entfernt, die Wißbegier ganz befriedigen und über viele wichtige Fragen eine genügende Belehrung geben zu können. Kennen wir doch in manchen wesentlichen Beziehungen weit kleinere und entferntere Weltkörper besser als unsere Sonne.

Ihren Dimensionen nach ist sie eine große Kugel ohne Abplattung (wenigstens ohne wahrnehmbare), im Durchmesser 112mal, der Fläche nach 12,500mal, dem

Inhalte nach aber 1,400,000 mal größer als unsere Erde. Eine Reise um die Sonne herum ist zwölfmal länger als eine von der Erde zum Monde. Ihre Dichtigkeit dagegen ist sehr gering und beträgt nur etwa $^1/_4$ der Erd-Dichtigkeit. 354,000 Erdkugeln müßte man in eine Wagschale legen, um die in der andern liegende Sonne aufzuwiegen.

Ihrer Lage nach bildet die Sonne den Mittelpunkt des reichen und mannichfaltigen Systems der um sie kreisenden Haupt- nnd Nebenplaneten, Kometen und Sternschnuppen. Zwar fallen der Mittelpunkt der Sonne und der Schwerpunkt des Sonnensystems nicht völlig zusammen; letzterer kann sogar — bei den Conjunctionen Jupiters und Saturns — noch etwas außerhalb des Sonnenkörpers fallen, doch ist dies im Ganzen von geringem Belang. — Welche Lage die Sonne im Weltenraume habe, läßt sich dagegen nur mehr muthmaßen: man hat einigen Grund anzunehmen, daß nach der Seite des Schwans und der der Jungfrau hin die Sonne den Grenzen der Fixsternwelt (unserer Welteninsel nemlich) näher stehe als nach den entgegengesetzten.

Ihre wirklichen Bewegungen innerhalb ihres Systems bestehen in den kleinen Schwankungen, die sie in Folge der planetaren Störungen um den allgemeinen Schwerpunkt des Systems macht und welche in den astronomischen Rechnungen auf die Planeten mit übertragen werden. Die Bewegung der Sonne im Fixsternsystem ist bedeutender, jedoch, so weit bis jetzt darüber geurtheilt werden kann, viel geringer als die der Erde und der meisten Planeten; übrigens kommt diese kosmische Bewegung dem ganzen System der Sonne gleichzeitig und in ganz gleichem Maße zu, ebenso wie der Mond die Bewegungen der Erde um die Sonne mitmacht. — Auch eine Rotation hat der Sonnenkörper. Wir werden weiterhin sehen, durch welche Mittel wir die Kenntniß derselben erlangt haben; hier genüge die

Bemerkung, daß sie in etwa 25½ Tagen vor sich geht, in welcher Zeit sich die Sonne um eine Axe dreht, welche gegen die Ebene der Erdbahn 82½ Grad geneigt ist, also nahezu (bis auf 7½°) senkrecht auf derselben steht. Diese Rotationsbewegung ist, räumlich genommen, doch noch 4½ mal schneller, als die der Erde, und sie beträgt über 6000 Fuß in der Secunde.

Dies die allgemeinen mathematischen Grundlagen unserer Sonnenkunde. Betrachten wir jetzt, so weit es uns gestattet ist, ihre physische Natur.

Die Sonne an sich selbst ist ein fester Körper, der im Allgemeinen mit den Planetenkörpern übereinstimmen mag, und der für sich genommen auch nicht leuchtet. Dagegen ist er auf Hunderte von Meilen hinauf mit einer wahrscheinlich ziemlich dichten Hülle umgeben, welche von gasförmiger Natur ist und die Eigenschaft des Leuchtens besitzt. Dieses Leuchten wird bewirkt durch die den nächstliegenden Aethertheilchen mitgetheilte wellenförmige Erschütterung, welche sich in ähnlicher Weise, wie die Wellen des Wassers oder die Schallbewegungen in der Luft, nur mit einer ungleich größeren Geschwindigkeit, fortpflanzen, so daß sie in 8 Minuten 18 Secunden schon den Raum von der Sonne zur Erde (20⅔ Mill. Meilen) zurücklegen. Die ältere Ansicht setzte statt dessen Strahlen, welche sich im Raum wirklich mit dieser enormen Geschwindigkeit fortbewegten, so daß das materielle Lichttheilchen, welches jetzt von der Sonne ausginge, in 8¼ Minuten auf der Erde anlangte (das Emanationssystem). In dem oben angenommenen (dem Undulationssystem) bedarf es einer so großen Geschwindigkeit nicht. — Man denke sich eine Million gleichgroßer harter Kugeln in einem Canale aneinandergereiht, und diesen Canal zugleich so eng, daß eine Seitenausweichung nicht stattfinden kann. Die erste Kugel werde durch eine hinreichende Kraft um ihren Durchmesser

vorwärts geſchoben, ſo wird dieſelbe Bewegung ſich der um eine Million ſolcher Durchmeſſer entfernten letzten Kugel mittheilen, und das Reſultat daſſelbe ſein, als ob die erſte Kugel, frei von den übrigen ſich bewegend, in derſelben Zeit die Million Durchmeſſer zurückgelegt hätte. Nicht die Körper haben ſich ſo ſchnell bewegt, ſondern die Mittheilung der Bewegung hat ſich mit dieſer Raſchheit fortgepflanzt, was gar nichts Unbegreifliches hat.

In der Natur kennen wir kein Licht, was dem der Sonne zu vergleichen wäre. Künſtlich aber können wir nicht allein das Sonnenlicht (im Brennglaſe oder Brennſpiegel) ſehr verſtärken, ſondern auch (durch Verbrennung von Feuerſtoff in einem Cylindergebläſe und auf andere Weiſe) ein Licht erzeugen, daß das natürliche Sonnenlicht noch übertrifft. Nach der allgemeinen Natur des Lichts muß die Kraft der Erleuchtung nach dem Quadrat der Entfernung abnehmen, alſo in doppelter Entfernung 4mal ſchwächer ſein. Dies Verhältniß iſt aber nicht nothwendig auch das des Reflexes; denn dabei kommt die verſchiedene Structur und die Geſtaltung der Oberfläche des erleuchteten Körpers mit in Betracht. Wir ſehen Beides durch den Anblick der verſchiedenen Planeten und Kometen beſtätigt. Bei letzteren — wo es als wahrſcheinlich angenommen werden kann, daß die Reflexionsfähigkeit ſich gleich bleibe — verhält ſich die Helligkeit umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne. Bei den Planeten iſt im Allgemeinen gleichfalls nicht zu verkennen, daß vom Mercur bis Uranus hin eine ſehr merkliche Abnahme der Helligkeit ſtattfindet, wogegen einzelne Ausnahmen, z. B. das trübere Anſehen des Mars im Vergleich zum Jupiter, auf verſchiedene Reflexion hindeuten. Auf der Erde laſſen ſich directe Verſuche der Art mit dem Sonnenlicht nicht wohl anſtellen, da die Entfernung der Erde von der Sonne zu wenig variirt.

Wir haben Urſache anzunehmen, daß es ſich mit der von der Sonne ausgehenden Wärme ebenſo verhalte. So weit ſie vom Centralkörper abhängt, nimmt ſie nach demſelben Verhältniß ab wie die Erleuchtnng und die Anziehung; andererſeits aber hängt ſie wieder von der beſonderen Beſchaffenheit der erwärmten Körper ab, und hier läßt ſich ein ſo einfaches Geſetz nicht aufſtellen, noch weniger aber annehmen, daß dieſe ſogenannte ſpecifiſche Wärme ſich etwa wie der Lichtreflex verhalte und folglich durch dieſen beſtimmen laſſe, was die angeſtellten Beobachtungen entſchieden verneinen. Hieraus ergiebt ſich die Unmöglichkeit, über die Temperaturgrade der andern Weltkörper etwas Allgemeines und Sicheres beſtimmen zu können.

Licht und Wärme richten ſich ferner nach dem Einfallswinkel, alſo nach dem höhern oder niedern Stande der Sonne über dem Horizont eines gegebenen Ortes; die letztere auch noch nach der Zeit der Einwirkung, die bei der Stärke des Lichts nicht in Betracht kommt (die ſogen. lichtſaugenden Körper ausgenommen). Dieſe Verſchiedenheit des Einfallswinkels, verbunden mit der Zeit der Beleuchtung, iſt es hauptſächlich, wodurch auf der Erde (und ohne Zweifel auch auf den anderen Weltkörpern) die Verſchiedenheit der Klimate und Jahreszeiten bedingt iſt.

Im Bisherigen iſt von einer Verſchiedenheit an der Licht- und Wärmequelle ſelbſt, weder der Zeit noch dem Orte nach, nicht die Rede geweſen. Im Ganzen betrachtet, leuchten alle Gegenden der Sonnenkugel zu allen Zeiten gleich ſtark. Ausnahmen im Einzelnen machen die ſogenannten Sonnenflecke.

Der Entdecker der Sonnenflecke, Scheiner, hatte mit denſelben hergebrachten Vorurtheilen zu kämpfen, welche einem Kopernikus und Galiläi in den Weg traten. Die alten Griechen hatten von einem „reinen Sonnenfeuer“ geſprochen

und die Sonne als ein Sinnbild der Unbeflecktheit dargestellt; auch in der Bibel ſtand nichts von Sonnenflecken — und giebt es nicht noch heut zu Tage Leute, denen das Schweigen der Bibel für einen Gegenbeweis gilt? — ſo ward denn Scheiner, dem Jeſuiten, von ſeinem Pater Prinzipal verboten, von Sonnenflecken zu ſprechen. — Es iſt indeß nicht einmal ausgemacht, ob Scheiner der erſte Entdecker geweſen. Um die Zeit der Erfindung des Fernrohrs mußten unausbleiblich eine Menge der wichtigſten Wahrnehmungen faſt gleichzeitig von Mehreren am Himmel gemacht werden, deren keiner von des andern Entdeckung etwas wußte.

Die Sonnenflecke ſind dunkel erſcheinende Stellen der Oberfläche, nach Zahl, Größe und Dauer höchſt veränderlich, in manchen Jahren nie fehlend, in andern ſelten und unſcheinbar. Die größere oder geringere Häufigkeit ihrer Erſcheinung wechſelt, den Erfahrungen des Deſſauer Aſtronomen Schwabe zu Folge, nach Perioden von etwa 10 Jahren. So waren 1826, 27, 37 ſehr fleckenreiche, dagegen 1832 und 1833 fleckenarme Jahre. Früher, als man die Sonne weniger anhaltend in dieſer Beziehung beobachtete und wegen geringerer Kraft der Fernröhre auch nur die größeren Flecke wahrnahm, betrachtete man häufig dieſes Phänomen als etwas Außergewöhnliches. Gegenwärtig wiſſen wir, daß im Gegentheil der fleckenfreie Zuſtand der Sonne ein ungewöhnlicher iſt, ja daß, wenn man auch die kleinſten ſichtbaren Flecke mitzählt, ſie wahrſcheinlich nie gänzlich fehlen.

Sie ſind nicht über die ganze Sonne verbreitet. Zu beiden Seiten des Aequators gehen ſie etwa bis 25 Grad, wobei merkwürdiger Weiſe die Aequatorgegend ſelbſt, alſo die Mitte der Fleckenzone, weit weniger zeigt, als die zu beiden Seiten liegenden Grenzgegenden. Als ganz einzeln ſtehende Ausnahme mag angeführt werden, daß Lahire einſt einen Fleck unter dem 70° der Breite auf der Sonnenkugel ſah.

Sie ſind von der verſchiedenſten Geſtalt, und es läßt ſich auch hierin durchaus keine Regel feſtſtellen; kein Grundtypus, wie bei den Mondgebirgen. Die größeren beſtehen gewöhnlich aus einem inneren dunkleren Theile und einem dieſen umgebenden und weniger dunkeln, welche beide man als Kern und Hof bezeichnet. Nicht ſelten umſchließt ein Hof mehrere Kerne von der verſchiedenſten Geſtalt und Größe. Die Umriſſe des Hofes entſprechen übrigens mehr oder weniger genau denen des Kernes. Die Flecke ſtehen ferner meiſt gruppenweiſe, auch wenn kein gemeinſchaftlicher Hof ſie verbindet, wie denn häufig ſich gar keiner zeigt.

Aus der allgemeinen Fortrückung dieſer Flecke auf der Sonnenſcheibe hat man die oben angeführte Dauer der Rotation und Lage der Axe beſtimmt. Die Richtung dieſer Fortrückung iſt die allgemeine Bewegungsrichtung im Planetenſyſteme, von Weſten nach Oſten. Wären die Flecke conſtant, ſo müßten dieſe Beſtimmungen einen hohen Grad von Genauigkeit haben und die Rotationselemente der Sonne würden den Bahnelementen der Planeten an die Seite geſetzt werden können. Ihre große Veränderlichkeit, welche bewirkt, daß man ſie zuweilen ſchon nach 24 Stunden nicht wiedererkennt, und welche das Wiedererſcheinen deſſelben Flecks bei der folgenden Umdrehung zu einem ſeltenen Ereigniß macht, iſt Schuld an der geringen Genauigkeit. Einige Beobachter verſichern zwar, in dieſen veränderlichen Flecken gleichwohl conſtante Theile wahrgenommen zu haben; bis jetzt iſt aber noch nichts Beſtimmtes und Zuverläſſiges darüber bekannt geworden.

Ob dieſe Flecke, außer den bemerkten Veränderungen der Geſtalt und Größe, und außer der allgemeinen Rotationsbewegung, noch eine beſondere eigene Bewegung auf dem Sonnenkörper haben, iſt neuerdings in Zweifel geſtellt worden. Eine ſichere Entſcheidung über dieſe und viele andere Fragen

haben wir zu hoffen, wenn die mehr als zwanzigjährigen und noch immer unausgesetzt fortdauernden Sonnenbeobachtungen des erwähnen Astronomen Schwabe einst veröffentlicht werden. Möge dieser Zeitpunkt nicht allzufern sein!

Die Flecke, wiewohl gegen den hellen Sonnengrund sehr scharf abstechend, sind gleichwohl nicht vollkommen schwarz. Vergleicht man sie bei Sonnenfinsternissen und Planetendurchgängen mit dem Dunkelschwarz dieser verdeckenden Körper, so scheinen sie nur ein ziemlich lichtes Braun darzubieten. Scharf begrenzt, auch gegen ihren Hof, sind übrigens die meisten.

Es zeigen sich auch Sonnenfackeln, d. h. Stellen der Oberfläche, welche heller (oder auch in anderer Farbe), als das Uebrige glänzen. Sie beschränken sich auf dieselbe Zone wie die Flecke, stehen häufig ganz in ihrer Nähe, ja verwandeln sich in Flecke. Auf der Mitte der uns zugewendeten Seite wird man nicht leicht Fackeln wahrnehmen, häufiger nach dem Ost- oder Weſtrande zu. Alles läßt vermuthen, daß die veranlassende Ursache bei den Fackeln wie bei den Flecken in genauem Zusammenhange stehe.

Welches ist nun aber diese Ursache? Hat sie Aehnlichkeit mit derjenigen oder denjenigen, welche unsern Witterungswechsel und die Veränderung in der Wolkenbedeckung unserer Erde erzeugen? Bei der gänzlichen Verschiedenheit der Umhüllungen beider Körper — man hat Bedenken getragen, die der Sonne als Atmosphäre zu bezeichnen und sie Photosphäre genannt — ist diese Annahme nicht sehr wahrscheinlich. Nur so viel scheint entschieden, daß der dunkle Kern der Flecke uns den eigentlichen Boden des festen Sonnenkörpers zeige, während die tiefe und dichte Lichthülle von den übrigen Punkten aus keinen Durchblick gestattet. Aus Ursachen, die uns unerforschlich sind, möge sich die Lichthülle zeitweilig von einzelnen Gegenden ganz zurückziehen (Kernfleck) und

in der Nähe dieſer entblößten Gegend die leuchtende Kraft geſchwächt ſein (Hof). Oder man möge mit Herſchel dem Vater annehmen, daß die Sonne zwei Photoſphären habe, und daß entweder beide, oder nur die eine von beiden ſich ſtellenweiſe zurückziehe. Ein ſolches Zurückziehen kann nicht wohl gedacht werden, ohne ein gleichzeitiges Anhäufen irgendwo in der Nähe, daher die Sonnenfackeln. Die Art des Verſchwindens und Wiedererſcheinens am Weſt- und Oſtrande ſtimmt größtentheils (nicht durchaus) mit dieſer Annahme überein. Der Mittelpunkt des Kerns bleibt, je weiter der Fleck gegen den Rand vorrückt, deſto mehr hinter dem Mittelpunkte des Hofes zurück; letzterer bewegt ſich alſo bei der Rotation ſchneller, folglich auf einem größeren Kreiſe.

Ganz unhaltbar erſcheint eine Meinung, welche in dieſen Flecken Rauch- oder Schlackenmaſſen ſehen will; eine Hypotheſe, die überdieß einen wirklich flammenden Zuſtand der Sonnenoberfläche vorausſetzt. Schlacken würden auf der äußeren Oberfläche des Lichtmeeres ſchwimmen; Rauch ſich ſogar über dieſelbe erheben, während zuverſichtlich die ſchwarz erſcheinende Stelle tiefer liegt als das Uebrige.

Man könnte geneigt ſein anzunehmen, die Sonnenflecke müßten die leuchtende Geſammtkraft der Sonne, und auch wohl ihre erwärmende, ſchwächen, da doch gewiß von den dunkleren Theilen weniger und ſchwächeres Licht zu uns gelangt. Allein zu einer phyſiſch merklichen Schwächung des Lichts oder der Wärme würde eine weit größere Anhäufung der Flecke gehören, als man bis jetzt, ſelbſt in den frequenteſten Perioden, wahrgenommen hat. Es iſt ſchon ſehr viel, wenn $^1/_{100}$ der Sonnenoberfläche gleichzeitig aus Flecken beſteht; und Menſchenalter vergehen, ehe einmal ein Fleck mit bloßem Auge wahrgenommen werden kann, wie ſchon allein daraus hervorgeht, daß man vor Erfindung der Ferngläſer ſie gar nicht kannte. Wir beſitzen keinen Licht-

messer, der eine so geringe Verminderung anzuzeigen im Stande wäre, und auf den Wärmemesser wirken gleichzeitig noch so viele andere unberechenbare Localursachen, daß hier gleichfalls nichts Bestimmtes erwartet werden darf. Im Gegentheil will Herschel I. wahrgenommen haben, daß häufigeres Bilden von Sonnenflecken die Wärme vermehre. An sich ist dies gar nicht unwahrscheinlich, denn der fleckenfreie Zustand ist doch wohl verhältnißmäßig ein Zustand des Gleichgewichts und also der Ruhe, während die Fleckenbildung eine — wie auch immer herbeigeführte — Störung dieses Gleichgewichtes, folglich Bewegung und erhöhte Thätigkeit voraussetzt. Bei dieser erhöhten Thätigkeit mag nun leicht auch die lichtspendende und wärmeerzeugende Kraft an Intensität gewinnen, und so auch unsere Erde befähigen, ihre Gaben in größerer Fülle und Güte uns darzubieten. Herschel stellte die Sonnenflecke mit den gleichzeitig in England stattfindenden Kornpreisen zusammen, um diesen Beweis zu führen. Aber es dürfte schwer sein, bei den häufigen Kriegen und der in Folge derselben wechselnden Handelsgesetzgebung, die beide so entscheidend auf die Kornpreise wirken müssen, einen Einfluß nachzuweisen, der nur in dem directen Ertrage der Ernten sich aussprechen kann. Erwarten wir auch hierin die Entscheidung von der Zukunft, der hoffentlich aus allen Gegenden des Erdkörpers langjährige Beobachtungsdata zu Gebote stehen werden.

Aus einigen Beobachtungsreihen, namentlich denen, welche Maskelyne in Greenwich zwischen 1765 und 1804 anstellte, glaubte man eine fortwährende Verkleinerung des scheinbaren Sonnendurchmessers annehmen zu müssen, die also entweder eine wirkliche Verminderung des Volumens, einen Substanzverlust der Sonne, oder eine zunehmende Entfernung der Erde von derselben, zur Ursache haben mußte. In dem einen wie in dem anderen Falle müßte

nun aber das Erdjahr ſich verlängern und zwar bei drei Secunden Abnahme (wie gefolgert wurde) um faſt einen ganzen Tag. Da nun aber ſelbſt eine 20,000mal geringere Veränderung der Jahreslänge gewiß bemerkt worden wäre, ſo mußte man billig gegen eine ſolche Schlußfolgerung Bedenken haben. Neuere Sonnenbeobachtungen (wie die Königsberger und Dorpater), die gleichfalls eine Menge von Jahren in möglichſt häufiger Wiederholung fortgeſetzt worden ſind und es noch immer werden, zeigen nichts von einer ſolchen Verminderung, die folglich in jenen Beobachtungen eine andere und wahrſcheinlich ſubjective Veranlaſſung gehabt haben muß.

Wenn aber vollends einige Pſeudoaſtronomen zu Gunſten irgend einer Lieblingshypotheſe auf die Beobachtungen der alten Völker ſich berufen und aus den roheſten Angaben, wie ſie den Babyloniern, Egyptern und andern Nationen zugeſchrieben werden, eine Verminderung des Durchmeſſers der Sonne herleiten wollen, ſo zeigen ſie damit nur ihre Unwiſſenheit und gänzliche Unfähigkeit, in ſolchen Dingen ein Urtheil zu haben. — Die beglaubigten und echten Beobachtungen der alexandriniſchen Gelehrten geben den Durchmeſſer der Sonne und des Mondes eben ſo, wie eine Beobachtung mit bloßem Auge beide noch heut giebt; wobei freilich von einzelnen Secunden, wie leicht begreiflich, die Rede nicht ſein kann.

Das Verhalten des Sonnenlichts im Prisma, im Brennſpiegel, im Polariſations-Apparat u. dgl. iſt weit mehr Gegenſtand der Phyſik als der Aſtronomie. Nur der von Daguerre gemachten merkwürdigen Entdeckung der abbildenden Wirkung des Sonnenlichts auf jodirte Silberplatten möge hier noch gedacht werden, da namentlich im erſten Stadium dieſer Entdeckung nicht Wenige ſehr kühne Hoffnungen in Bezug auf eine dadurch zu bewirkende gänzliche

Umgestaltung der astronomischen Beobachtungskunst geäußert haben. Verfasser dieses wurde von einigen theilnehmenden Freunden alles Ernstes bedauert, daß er sechshundert Nächte an die Anfertigung einer Mondkarte gesetzt habe, die man doch nun ohne alle Mühe und viel genauer werde erhalten können. Meine Hoffnungen in dieser Beziehung sind viel beschränkter: sie bestehen darin, daß es vielleicht noch einst ermöglicht werden möchte, Bilder der Sonnenflecke auf daguerreotypischem Wege zu erhalten. Freilich ist noch manche nicht geringe Schwierigkeit zu besiegen, ehe man an diesen Versuch gehen kann, wenn man nemlich nicht blos ein Bild à toute condition erzeugen, sondern eine Darstellung haben will, wie die heutige Astronomie sie fordern muß. Ich will nur an das Eine erinnern, daß es nemlich nothwendig ist, dem Daguerreotyp während der Operation eine Bewegung um seine Axe zu geben, welche der gleichzeitigen scheinbaren Bewegung der Sonne am Himmel (die keineswegs eine einfache und gleichförmige ist) genau entspricht. Beim Monde ist die strenge Erfüllung dieser unerläßlichen Bedingung geradezu unmöglich.

Endlich möge noch der Schwere auf der Sonne gedacht werden. Wären Sonne und Erde von gleicher Dichtigkeit, so würde an der Oberfläche der Sonne eine Schwere stattfinden, 112mal größer, als an der Erdoberfläche, nemlich so viel, als der Durchmesser größer ist. Die viermal geringere Dichtigkeit der Sonne bringt dies Verhältniß auf ¼mal 112, also 28 herab. Ein Körper, der bei uns 4 Pfund wiegt, drückt also dort schon mit der Kraft eines Centners. Ein fallender Gegenstand legt nicht 15, sondern 420 Fuß in der ersten Secunde zurück, fällt also mit der Kraft eines Schusses. Unter solchen Umständen würde ein Hagelkorn uns tödten, und ein Auftreten, wie wir es hier gewohnt sind, den Fuß zerschmettern. Wir würden die äußerste Anstrengung nöthig haben, um uns fortzubewegen, und nach

wenigen Schritten gänzlich erschöpft sein. Kein einziges lebendes Wesen auf unsrer Erde wäre solchen Einflüssen auf die Dauer gewachsen, mithin sind solche Geschöpfe, als sie bei uns angetroffen werden, auf der Sonne mit aller Bestimmtheit nicht vorhanden. Ob und wer sonst sich dort befinde, und wie er sich befinde — wer mag es entscheiden!

Wir müssen noch einiger Erscheinungen erwähnen, die in weiterem Sinne wenigstens ebenfalls der Sonne angehören. Zuerst des Ringes, der sich bei totalen Sonnenfinsternissen um die Sonne zeigt. Dieser Ring ist silberweiß und glänzt sehr lebhaft. So wenigstens hat er sich bei der letzten totalen Sonnenfinsterniß 1842 dargestellt. Andere haben ihn bei früheren Gelegenheiten röthlich oder auch in verschiedenen Farben gesehen; doch können hier wohl Täuschungen mit unterlaufen. Im Blendglase großer Fernröhre hat sich eine Spur dieses Ringes auch bei nahe totalen Finsternissen gezeigt, namentlich van Swinden und Bessel. Letzterer sah die Berge des Mondrandes auf's deutlichste darauf projicirt. Die merkwürdige, so selten und nur auf wenige Minuten sich darbietende Erscheinung läßt nicht wohl eine andere Erklärung zu, als die, welche Bessel gegeben, und auf welche der Verfasser bei einer anderen Gelegenheit schon früher hingedeutet hat, nemlich auf eine Lichthülle, welche auf sehr weite Entfernung hin die Sonne umgiebt, zu schwach, um in gewöhnlichen Umständen neben dem Sonnenlichte sich zu zeigen, aber sogleich hervortretend, sobald die Sonne (und zwar nur die Sonne) durch einen vortretenden Körper unserm Anblick entzogen wird. Wir müssen annehmen, daß diese schwächere Lichthülle sich wenigstens 15—20 Erddurchmesser weit von der Sonne aus erstrecke.

Auch das Zodiacallicht, was sich am schönsten in tropischen Gegenden zeigt, scheint zur Sonne in näherer Be-

ziehung zu ſtehen. Es iſt ein Lichtſchimmer, deſſen Baſis in der Untergangsgegend der Sonne den Horizont berührt und ſich längs der Ekliptik weit fortzieht. Die ſehr unbeſtimmte Begrenzung dieſes Schimmers, der überdieß in höhern Breiten, ſowohl der Zeit als der Himmelsgegend nach, mit der Dämmerung größtentheils zuſammenfällt, verhindert genaue Meſſungen; allein ſowohl aus der Richtung, als aus der Zeit ſeiner beſten Erſcheinung (Anfang März und September) ſchließt man, daß es in die Ebene des Sonnen-Aequators falle, wenigſtens dort die größte Verdichtung zeige und ſich bis zur Marsbahn oder noch darüber hinaus erſtrecke. Eine ſo ſtark erweiterte Atmoſphäre der Sonne iſt nicht wohl anzunehmen, wenigſtens könnte ſie nach bekannten Bewegungsgeſetzen nicht bis auf ſo große Fernen hin die Rotation des Sonnenkörpers mitmachen, ſondern nur höchſtens bis auf $^1/_3$ des Weges von der Sonne zum Mercur, alſo noch nicht auf $^1/_{10}$ der von uns wahrgenommenen Erſtreckung dieſes Lichts. Räthſelhaft, wie ſo Vieles im Weltenraume, wird die Erſcheinung wohl immer bleiben, obgleich hier nicht, wie ſonſt häufig, eine zu große Entfernung die Schuld unſerer Unkenntniß trägt; denn die Erde befindet ſich zweimal im Jahre mitten in dieſem Zodiacallicht, das aber alsdann nicht geſehen wird.

XIII.

Die Körper unſers Sonnenſyſtems nach ihrer Stellung im Kosmos.

Wenn die allgemeine Wißbegier ſchon in früheren Zeiten, bei weitem mehr aber in den neueren, der Himmelskunde zugewandt war, ſo lag und liegt ihr noch vorzugsweiſe der Wunſch zum Grunde, von der natürlichen Beſchaffenheit der fremden Weltkörper, insbeſondere was ihre Oberfläche betrifft, etwas Näheres zu erfahren. Die Aſtronomie auf ihrem rein wiſſenſchaftlichen Standpunkte konnte ſich dieſes Ziel nicht ſetzen, wenigſtens nicht in erſter Linie. Ihr Hauptzweck iſt die Erforſchung der Bahnen und der ſie beſtimmenden Naturgeſetze. Die nähere phyſiſche Beſchaffenheit der einzelnen Globen verweiſet ſie zwar nicht aus ihrem Gebiete, konnte ihr aber doch bisher nur eine untergeordnete Aufmerkſamkeit ſchenken. Dagegen betrachtete die Mehrzahl des Publicums die Aſtronomie vorzugsweiſe aus dem letztern Geſichtspunkte. So geſchah es, daß die wichtigſten und ſchwierigſten Unterſuchungen, die der Wiſſenſchaft eine ganz neue Geſtalt gaben, wie beiſpielsweiſe die in der mécanique céleste enthaltenen, außer dem Kreiſe der eigentlichen Aſtronomen kaum hiſtoriſch bekannt, ja häufig ganz unbeachtet geblieben ſind, während man mit Begierde nach den unbedeutendſten Producten griff, ſobald ſie nur recht kühne und der Phantaſie Nahrung gebende Behauptungen über Beſchaffenheit und Beſtimmung der Weltkörper, über ihre Bewohner u. dgl. aufſtellten, ja ſelbſt völlig werthloſe, rein lügenhafte Erzeugniſſe, wie noch vor wenigen Jahren die lächerlichen pſeudo-herſchel'ſchen Mondbeobachtungen, ein dankbares ja heißhungriges Publicum fanden.

Der Grund dieſer Wißbegier iſt gleichwohl nicht zu tadeln: ſie ſoll auch keineswegs unterdrückt und entmuthigt, wohl aber richtig geleitet werden. Dazu aber gehört vor Allem, daß gewiſſe ſanguiniſche Hoffnungen und Erwartungen in diejenigen Grenzen verwieſen werden, welche die Natur unſern Erforſchungen unerbittlich geſteckt hat.

Es iſt wahrhaft betrübend zu ſehen, daß theilweiſe ſelbſt Männer, denen ihr Beruf es zur Pflicht gemacht hätte, ſich und Andere vor Irrthümern und unbegründeten Muthmaßungen zu verwahren, dieſe Grenzen verkannt und ſo den unwiſſenden Phantaſten ein leichtes Spiel bereitet haben. Oder wird etwa die Achtung vor der Wiſſenſchaft bei Kennern wie bei den Laien nicht gefährdet, wenn dieſe ihm alles Ernſtes ſtatiſtiſche Data über die Regierungswechſel auf der Venus und über die dabei ſtattfindenden Feſtlichkeiten, über die Civil- und Militär-Architektur auf dem Monde, über die Veranlaſſung der Kriege auf dem Jupiter, die Handelsbeziehungen auf Saturn und ähnliche Dinge bietet? Mögen die Romanſchreiber, wenn ſie den Stoff, den ihnen die mütterliche Erde bietet, erſchöpft haben ſollten, ſich an dergleichen Dingen verſuchen, möge der phantaſiereiche Leſer die gemeſſenen aber für uns leeren Räume mit beliebigen Bildern erfüllen, dagegen iſt nichts einzuwenden. Aber daß ſolche poetiſirende Excurſe ſich in ein gelehrtes Gewand hüllen und mit der Miene wiſſenſchaftlicher Bedeutung auftreten — dies ſtreng zu rügen iſt Pflicht für den, dem es mit wahren Fortſchritten Ernſt iſt.

Sollen wir denn aber — höre ich fragen — von den Bewohnern fremder Weltkörper gar nichts wiſſen? Ich meine *ja*, und ſogar ziemlich viel. Wir können — nicht meinen, glauben und muthmaßen, ſondern *wiſſen*:

> die Ordnung und Folge der *Himmelserſcheinungen* für ihren Wohnort und die beſondere Art, wie ſie ſich ihnen darſtellen;

die Ordnung der Jahres- und Tageszeiten für die verschiedenen Punkte ihrer Oberfläche, ganz wie für unsere Erde selbst;

die Mittel, welche ihnen das Universum bietet, ihre Zeiteintheilung einzurichten;

die ihnen von dieser Seite gebotene Gelegenheit, die Wahrheiten des Universums zu erforschen;

ihren Kalender schreiben, und zwar in allen wesentlichen Beziehungen so genau als unsern eigenen;

die Schwere an ihres Planeten Oberfläche, vielleicht das wichtigste Moment für die ganze physische Constitution eines Weltkörpers, genau bestimmen;

die Dichtigkeit des Planeten, sowohl verglichen mit unserer Erde, als auch absolut genommen; endlich

die Stärke der Erleuchtung und — soweit sie nur von der Sonne abhängt — auch der Erwärmung an des Planeten Oberfläche finden;

und dieses Alles mathematisch begründen, ohne für irgend eine Hypothese um Aufnahme zu bitten; wir können es sogar unabhängig von der Frage über die Existenz der Planetenbewohner: eine Frage, die übrigens nach Aufstellung und Begründung dieser Thatsachen einen ganz andern Standpunkt gewinnt als früher. Sive sint, sive non sint! Die Knospe in einer menschenleeren Wüste blüht nicht minder auf und entfaltet nicht geringere Farbenpracht, ob auch kein denkendes, ja sogar kein lebendes Wesen sich ihrer erfreue. Dieselbe Sonne, die unsern Tagen leuchtet, steigt empor am Horizont jedes Planeten, jedes Trabanten, und vollführt ihren gemessenen Lauf, unbekümmert wen oder was sie bescheine.

Zu diesen auf sicherem Fundament ruhenden Thatsachen kommen noch einige andere Wahrnehmungen hinzu, deren Deutung freilich nie ganz gelingen wird und wo man sich mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit behelfen muß:

Wahrnehmungen, die sich auf die besondere Oberflächenbeschaffenheit, die klimatischen und atmosphärischen Verhältnisse beziehen oder doch zu beziehen scheinen. Auch hier ist wohl Einzelnes, z. B. die Angaben über die Höhe und Gestalt der Mondberge, zur Gewißheit zu erheben. Solche Wahrnehmungen nun möglichst zu vermehren und sicher zu constatiren, ist ein Hauptzweck der größern optischen Werkzeuge, auf die man in neueren Zeiten so großen Fleiß und Scharfsinn verwandt hat. Gewiß werden sie uns in Zukunft beträchtlich weiter führen, ja wir dürfen die Hoffnung fassen, daß unser Mond nicht der einzige Weltkörper bleiben werde, von dem man ein verhältnißmäßig genaues und treues Bild entwerfen kann*). Aber nur ein gänzliches Verkennen der ungeheueren Entfernungen; nur ein maßloses Ueberschätzen dessen, was auch selbst das vollkommenste optische Instrument leisten kann; nur ein Ignoriren der großen praktischen Schwierigkeiten, deren einige, wie namentlich die im Zustand unserer Atmosphäre begründeten, über eine gewisse Grenze hinaus ganz unbesiegbar sind, konnte hoffen, die Seleniten auf ihren Reisen zu begletten oder ihre Architekten bei der Arbeit zu belauschen.

Der Zweck dieses Briefes geht nun dahin, die oben im allgemeinen Umriß aufgezählten, von den Umlaufs- und Rotationsverhältnissen, den Massen, Durchmessern und Dichtigkeiten der Weltkörper abhängenden und folglich astronomisch nachweisbaren Verhältnisse für die einzelnen Körper unsers Sonnensystems zu betrachten. In einem folgenden, den ich absichtlich von diesem gänzlich trenne, mögen sodann auch die

*) Nur wird man, wenn die Riesenfernröhre ihre volle optische Kraft bewähren und Resultate von möglichster Schärfe geben sollen, sie nicht in die nordischen Nebel versetzen, sondern ihnen Klimate anweisen müssen, in denen ein heiterer Himmel die Regel bildet.

Notizen der erwähnten zweiten Classe gesammelt und die wahrscheinlichen Folgerungen aus ihnen abgeleitet werden.

Voraus die Bemerkung, daß das Firmament in Absicht auf die gegenseitige Stellung und Entfernung der Fixsterne und ihren verhältnißmäßigen Glanz für alle Körper des Sonnensystems dasselbe ist. Unsere Globen und Sternkarten blieben brauchbar für jeden dieser Körper, nur ihre Grundeintheilung und Aufstellung müßte sich nach den jedesmaligen Umständen modificiren. Zu diesem Schlusse berechtigt uns die ungemeine Kleinheit der Fixsternparallaxen in Beziehung auf die Erdbahn. Um z. B. den Ort des uns wahrscheinlich nächsten Fixsternes, α Centauri, nur um den scheinbaren Mondsdurchmesser verändert zu finden, müßte man sich an einen Ort versetzen, der 100mal weiter als Uranus, oder 40,000 Millionen Meilen von der Sonne entfernt wäre; und um eine Veränderung des Glanzes, also z. B. Sirius nicht als hellsten Fixstern, oder Castor und Pollux einander gleich zu finden, noch ungleich weiter. Ein Erdastronom würde, an welchen Punkt des Sonnensystems er auch versetzt werden möchte, am Himmel auf der Stelle Bescheid wissen und sehr bald erforscht haben, wo er sich befinde.

Die Sonne und den Erdmond übergehen wir hier vorläufig, da ihnen eigene Abschnitte gewidmet werden sollen.

Mercur.

Wir kennen seine Rotation nur beiläufig und die Neigung seines Aequators noch gar nicht; erstere wird 24 Stunden 5 Minuten gesetzt (Schröter und Harding), seine Masse ist etwa $^1/_{4,800,000}$ der Sonnenmasse (Encke), der Durchmesser 671 Meilen (Bessel) und die Umlaufszeit, nach Erdentagen berechnet, 87 Tage 23 Stunden 15′ 46″. Hiernach ist er im Verhältniß 6 : 5 dichter als die Erde, überhaupt aber der dichteste aller Planeten.

Sein aus $86^2/_3$ Sonnentagen beſtehendes Jahr theilt ſich, der großen Excentricität wegen, in Jahreszeiten von ſehr ungleicher Länge; es iſt aber nicht möglich, ſie einzeln anzugeben, da wir die Richtung ſeiner Axe noch nicht kennen. Seine Tage ſind, ganz abgeſehen von der Jahreszeit, ſehr ungleich erhellt; im Aphelio iſt das Licht der Sonne auf ihn 5 mal, im Perihelio 11 mal heller als auf unſerer Erde; die Sonne erſcheint ihm im erſteren Falle unter einem Durchmeſſer von $68^4/_7$ Minuten, im letztern von $99^1/_3$. Auch ſind die Sonnentage, d. h. die Zeit von einem Mittag zum andern, im Perihelio volle 15 Minuten länger als im Aphelio. — Verfinſterungen kennt er nicht; kein Planet — wenigſtens kein uns bekannter — kann für ihn durch die Sonne gehen; ſie kommen vielmehr ſämmtlich in Oppoſition, zieren ſeinen Nachthimmel, und ihre, der Fixſterne, tägliche Bewegung iſt nahezu dieſelbe, wie bei der Erde. Venus ſieht er zwar nur wenig größer als wir, aber ganz ungleich glänzender, ſo daß ſie hinreichen muß, einer Landſchaft Licht und Schatten zu geben. Auch die Erde erſcheint ihm groß und glänzend, ſo wie auch ihr Mond; alle übrigen Planeten, und ganz beſonders Mars, dagegen ſchwächer als bei uns. Eine merkliche Phaſengeſtalt kann er an keinem einzigen Weltkörper wahrnehmen.

Ein Pfund hat dort nur das Gewicht von $15^1/_2$ Loth, der Fall der Körper in der erſten Secunde iſt $7^1/_4$ Fuß, die Länge des einfachen Secundenpendels $1^1/_2$ Fuß. Dieſe Größen ſind nahezu dieſelben für alle Punkte der Mercurskugel.

Venus,

„welcher der ſchönſte erſcheint von den Sternen des Himmels".
Homeros.

Ihre Rotation iſt (nach de Vico) 23 Stunden; die Lage ihrer Axe noch unbekannt, der Durchmeſſer 1710 Meilen,

die Maſſe $^1/_{401,800}$; endlich die Umlaufszeit 224 Tage 16 Stunden 49′ 7″ Erdenzeit.

Ihr aus 224 Sonnentagen beſtehendes Jahr theilt ſich (wegen der ſehr geringen Excentricität) in etwa gleich lange Jahreszeiten; der Unterſchied in der Länge der Sonnentage iſt ebenfalls ſehr gering, und daſſelbe gilt von der Stärke der Erleuchtung, da der Durchmeſſer der Sonne nur zwiſchen 44 Minuten 32 Secunden und 43 Minuten 56 Secunden ſchwanken kann.

Nur Mercur geht ihr durch die Sonne, allein ungleich häufiger als für uns; auch erſcheint er ihr dann merklich größer. Die Erde dagegen iſt bei weitem der glänzendſte Stern am nächtlichen Venushimmel und ihr Glanz in den Oppoſitionen (die 600 Venustage auseinander liegen) iſt etwa 6—8mal ſtärker als der, welchen Venus für uns erreichen kann; ſelbſt der Erdmond überglänzt noch den Mars, der freilich dort weniger hell als bei uns iſt. Von keinem Hauptplaneten aus wird die Erde ſo groß und glänzend wahrgenommen als von der Venus. Die Mondfinſterniſſe ſind, was die Momente betrifft, von Venus aus faſt ſo gut als von der Erde aus zu beobachten; auch ſieht ſie Vorübergänge des Mondes vor der Erde. Mercur durchläuft dort alle Phaſengeſtalten, die Erde und ihr Mond dagegen zeigen ihr nur einen ſehr geringen Phaſenwechſel.

Die tägliche Bewegung der Geſtirne iſt dort nur um ein Geringes ſchneller als für uns. Die nahe gleiche Größe, nur wenig verſchiedene Maſſe, und die gleichfalls ziemlich übereinſtimmende Rotationszeit beider Weltkörper ſind Urſache, daß Alles, was vom Verhältniß der Schwere abhängt, dort und hier faſt gleich iſt. Ein Pfund auf der Erde wiegt dort 28½ Loth.

Erde.

Von ihr soll hier nur in sofern die Rede sein, als die Frage, welche Veränderungen die Stellung der Erde im Verlaufe der Jahrtausende erfahren werde, oder seither erfahren habe, eine oft angeregte ist und ihre Wichtigkeit für das Menschengeschlecht keinem Zweifel unterliegt.

Die sorgfältigsten Untersuchungen, geführt auf den verschiedensten Wegen, haben uns keine Veränderung der Lage der Erdaxe, in Beziehung auf die Erde selbst, kennen gelehrt*). Der Aequator und die Pole lagen in grauester Vorzeit da, wo sie jetzt liegen, und werden dies auch in spätester Zukunft. Alle Veränderungen, welche das Klima einzelner Landstriche oder auch der ganzen Erde erfahren hat und noch erfahren könnte, müssen auf ganz andere Weise erklärt werden, und es competirt überhaupt diese ganze Frage nicht zur Astronomie, sondern zur Geologie.

Dagegen ist die Lage der Axe in Beziehung auf den Weltraum einer Veränderung unterworfen, und zwar einer zwiefachen. Erstens beschreibt sie einen Kreis um die Pole der Ekliptik innerhalb 25,600 Jahren, nach welcher Zeit ihre Lage am Himmel wieder dieselbe ist. Diese Veränderung hat zur Folge, erstens, daß das Jahr constant 20½ Minuten kürzer ist, als es ohnedieß sein würde;

*) Aus den Polarsternbeobachtungen, welche Dr. Peters an einem vorzüglichen Ertel'schen Passageninstrument gemacht hat und noch fortsetzt, scheint zu folgen, daß die Erdaxe auf der Erde einen kleinen Kreis von 7 Fuß Durchmesser um die mittlern Erdpole beschreibe, dessen Periode 10 Monate ist. Doch wagt er hierüber noch nicht zu entscheiden, da eine so überaus kleine Größe sich gar wohl aus verschiedenen anderen Ursachen, die bei der Beobachtung mitwirken, erzeugt haben kann. Eine so kleine Abweichung von dieser kurzen Periode würde übrigens der Theorie nicht widersprechen.

zweitens, daß dieſelben Geſtirne demſelben Orte nicht für alle Zeiten ſichtbar bleiben und ſo auch der Pol nach und nach zu andern Sternen rückt.

Für den Nordpol des Himmels gilt folgender Cyclus von Polarſternen:

4000 J. v. Chr.	ε des Drachen	(3)	4° vom Pole
1700 " " "	α des Drachen	(2)	faſt ganz genau
2150 J. n. Chr.	α d. kleinen Bären	(2)	20′ vom Pole
4200 " " "	γ des Cepheus	(3)	1° 50′ vom Pole
6000 " " "	β des Cepheus	(3)	4° vom Pole
7500 " " "	α des Cepheus	(3)	2° " "
10200 " " "	α des Schwans	(1)	7° " "
11400 " " "	δ des Schwans	(3)	3° " "
13800 " " "	α der Leyer	(1)	5° " "

Dieſen glänzendſten aller Polarſterne folgen dann 7800 Jahre lang nur Sterne der 4 und geringerer Größen, bis 21600 n. Chr. der erwähnte Cyclus, wiewohl nicht in ganz gleicher Weiſe (wegen der inzwiſchen erfolgten Eigenbewegungen der Sterne) wieder beginnt.

Die angeführten Zeitpunkte ſind die, wo der betreffende Stern dem Pole am nächſten ſteht, und die eingeklammerte Zahl bezeichnet ihre Größe. — Unſer gegenwärtiger Polarſtern behauptet dieſen Rang etwa ſeit 2000 Jahren: Adam ſah ε des Drachen, Moſes α des Drachen als Polarſtern, Alexander der Macedonier ſah keinen Stern von einigem Glanze in des Poles Nähe, denn der jetzige ſtand über 14° von ihm ab. — Die von jetzt ab noch durch 3 Jahrhunderte fortwährende Abnahme der Diſtanz des Polarſterns vom Pole iſt ein ſehr glücklicher Umſtand für die Beſtimmung gewiſſer Grundwerthe, die der Aſtronom in allen ſeinen Rechnungen bedarf.

Der Südpol entbehrt jetzt und wird ſtets entbehren (es ſei denn nach Hunderttauſenden von Jahren) einer ſo

bequemen Beziehung auf einen glänzenden Stern, und man kann als gewiß annehmen, daß hauptſächlich aus dieſem Grunde die Orte der Nordhalbkugel ihrer Polhöhe nach ſtets genauer gegeben ſein werden, als die der ſüdlichen.

Mehrere jetzt in Europa ſichtbare Sternbilder werden in Folge dieſer Aenderung unſichtbar und umgekehrt. Für Berlin (und Norddeutſchland überhaupt) werden nach und nach über den Horizont rücken: die ſüdliche Krone, der Kranich, der Wolf, der Centaur, der Indianer, der Altar, der Pfau, der Paradiesvogel, das kleine ſchöne Sternbild des Kreuzes, der ſüdliche Triangel, der Toucan und einige jetzt nicht ſichtbare Theile des Eridanus und des Schiffs. — Verſchwinden dagegen werden an dieſen Orten für mehrere Jahrtauſende: der Orion, der große Hund, das Einhorn, der Haſe, die Taube, der kleine Hund, die Waſſerſchlange, der Becher, der Rabe, Theile des Schiffs und des Centauren, der ſüdliche Fiſch, der größte Theil des Wallfiſches.

Der Aequator des Himmels wird ebenfalls durch ganz andere Sterne gehen, als jetzt. Wenn α der Leyer den Polarſtern macht und der jetzige Frühlingsnachtgleichenpunkt die Herbſtnachtgleiche bildet, zieht er durch folgende Sterne und Sternbilder:

Band der Fiſche, nördlicher Fiſch, kleiner Triangel, Kopf der Meduſa, Perſeus, Fuhrmann (nahe bei Capella), Luchs, großer Löwe, Jungfrau, Waſſerſchlange, Wolf, Scorpion, Altar, ſüdliche Krone, ſüdlicher Fiſch, Waſſermann.

Eine zweite Veränderung iſt die, welche die Lage der Erdbahn durch die ſtörende Einwirkung der Planeten erfährt. Dadurch wird die Schiefe der Ekliptik und folglich auch der Unterſchied der Jahreszeiten und Tageslängen geändert. So hatte die Gegend um Berlin vor 6000 Jahren Tageslängen, wie ſie jetzt Stettin hat, und nach vielen Jahrtauſenden wird es dahin kommen, daß es die gegenwärtigen

Tageslängen Prags hat. Dies ist beiläufig der größte Spielraum der Veränderungen, denn es erfolgt an den angegebenen Grenzen eine Umkehr. Die Ekliptik wird nach wie vor durch dieselben Sternbilder, nur nicht genau an den jetzigen Sternen, vorüberziehen; die klimatischen Veränderungen aber, welche die Erde dadurch erfahren wird, oder in der Vorzeit erfahren hat, sind fast unmerklich, da nur allein der Unterschied der Jahreszeiten um eine Kleinigkeit, die Mitteltemperatur einer Gegend aber gar nicht geändert wird.

Noch eine Veränderung betrifft die Lage des Perihels der Erdbahn. Jetzt fällt die Sonnennähe in den Winter der Nordhalbkugel und etwa 10 Tage nach dem Solstitium. Nach 58 Jahren wird sie einen Tag später einfallen, und nach 10000 Jahren die Erdnähe mit dem längsten Tage der Nordhalbkugel übereinstimmen. Dies hat einen kleinen Einfluß auf die Dauer der Jahreszeiten. Gegenwärtig kann man für die Nordhalbkugel rechnen:

Winter	89 Tage.
Frühling	92 1/2 =
Sommer	93 1/2 =
Herbst	90 =

Nach 10000 Jahren wird man dagegen haben:

Winter	93 1/2 Tage.
Frühling	89 =
Sommer	89 =
Herbst	93 1/2 =

Dagegen wird die Intensität der Sommerwärme nur sehr wenig zunehmen, auch die Winterkälte nur ganz unmerklich stärker sein als jetzt. Wäre die Excentricität der Erdbahn größer, etwa wie die des Mercur, so könnte die Veränderung fühlbarer sein; allein die jetzige Excentricität

der Erdbahn ist nahezu die größte, welche sie erhalten kann, und sie wird in Zukunft noch abnehmen.

Mars.

Rotationsperiode $24^h\ 37'\ 22''$ (nach meinen Beobachtungen.)
Neigung des Aequators gegen die Bahn $28^0\ 42'$ } Herschel I.
Aufsteigender Knoten . . . . . $257^0\ 30'$ }
Durchmesser . . . . . 892 Meilen.
Masse . . . . . $^1/_{2,680,000}$.
Umlaufszeit . . . . . 686 T. $23^h\ 30'\ 41''$.

Die Eintheilung seines aus $668^2/_3$ Sonnentagen bestehenden Jahres ist gegenwärtig die folgende:

Nordhalbkugel.		Südhalbkugel.
Frühling	$191^1/_3$ T.	Herbst,
Sommer	181 =	Winter,
Herbst	$149^1/_3$ =	Frühling,
Winter	147 =	Sommer,

eine allerdings sehr bedeutende Ungleichheit, mit der sich noch eine zweite und in gewisser Beziehung compensirende verbindet: die Intensität des Sonnenlichts im nördlichen Sommer verhält sich zu der im südlichen wie 20 zu 29. Hieraus folgt für die nördliche Halbkugel ein längerer, aber wenig intensiver Sommer, und ein kurzer milder Winter, für die Südhalbkugel dagegen ein kurzer heißer Sommer und ein langer strenger Winter, so weit nemlich die Temperatur von der Sonne abhängig ist.*) Theilen wir den Mars wie die Erde in Zonen, so bekommen die kalte einen Halbmesser von $28^0\ 42'$, die gemäßigten jede eine Breite von $32^0\ 36'$;

*) Bei Mars dürfen wir dieses um so eher annehmen, als die Beobachtungen der weißen Flecke an seinen Polen, die man für Schnee zu halten Ursache hat, den hier angegebenen Verhältnissen der Jahreszeiten sehr gut entsprechende Veränderungen dargethan haben.

die heiße eine von 57° 24′. Faſt die Hälfte der Kugeloberfläche (0,48) gehört hiernach der heißen Zone und bekommt die Sonne zu Zeiten ins Zenith; der Flächeninhalt beider gemäßigten iſt 0,40 und der der kalten 0,12. Die Ungleichheiten der Jahres- wie der Tageszeiten ſind auf dem Mars größer als auf der Erde. Die mittlere Dauer des Tages iſt 12 St. 19′ 47″; allein weiter findet ſich

	Längſter Tag.	Kürzeſter Tag.
für 40° Br.	16h 14′	8h 25½′
= 50° =	17h 54′	6h 45½′
= 60° =	22h 10½′	2h 29′

ſo daß ſchon unter dem 42½° (auf der Erde erſt unter Breite 49°) der längſte Tag das Doppelte des kürzeſten, unter 52° das Dreifache, unter 57½° das Fünffache u. ſ. w. beträgt. Hierzu geſellt ſich noch eine zweite Quelle der Ungleichheit: in Folge der ſtarken Excentricität und Neigung können von einem Meridiandurchgange der Sonne zum andern einmal 24h 38′ und ein anderes Mal 24h 41′ verfließen.

Für Mars können Mercur, Venus und die Erde mit ihrem Monde durch die Sonne gehen; doch ſind dieſe Vorgänge im Ganzen etwas ſeltener als bei uns, des kleinern Durchmeſſers der Sonne wegen (der zwiſchen 19⅕′ und 23′ variirt), der auch bewirkt, daß Erleuchtung und Erwärmung (ſolare) dort nur 0,52 in der Sonnennähe und 0,36 in der Sonnenferne betragen (die Erderleuchtung = 1 geſetzt). Den nächtlichen Marshimmel zieren die obern Planeten etwa eben ſo wie den unſrigen; die Wahrnehmung der untern iſt von dort aus weniger günſtig. Die Erde iſt dem Mars, was Venus der Erde iſt, der glänzendſte Stern des Firmaments, doch nur etwa halb ſo hell als Venus uns.

Nur in Bezug auf die kleinen Planeten genießt Mars einige, doch nicht ſehr erhebliche Vortheile vor unſrer Erde,

am meiſten für Juno und Pallas, die von ihm aus am beſten erſcheinen.

Die Fixſterne haben dort eine nur wenig langſamere tägliche Bewegung, als bei uns. Der Aequator macht dort mit der Milchſtraße einen Winkel von nur etwa 35°, an ſeinem Südpol ſteht einer der ſchönſten Sterne des Himmels, Achernar, der Hauptſtern im Eridanus.

Die Schwere, der Fall der Körper u. ſ. w. ſind auf dem Mars faſt genau halb ſo groß als auf der Erde, für Pol und Aequator ſind die Unterſchiede der Schwere nur gering.

Die vier kleinen Planeten.

Bei den bisher betrachteten Körpern zeigte ſich eine ſehr große Aehnlichkeit ſämmtlicher allgemeinen Beziehungen, ſo daß man die Möglichkeit einer gewiſſen Analogie auch der übrigen phyſiſchen Verhältniſſe zugeben muß. Die Erde hat durch ihren Mond vor den andern Nachbarplaneten den Vorzug, wenigſtens einen fremden Weltkörper genau erkennen zu können; während Mercur die günſtigſte Gelegenheit für eine Kenntniß der Sonne und der Venus hat; im Uebrigen geſtalten ſich die aſtronomiſchen Phänomene für alle 4 Planeten ziemlich gleich. Jetzt aber kommen wir zu einer Reihe von Weltkörpern, deren nähere Beſchaffenheit wir zwar ſehr wenig kennen, die aber in jedem Betracht, wie ſchon aus der Geſtaltung ihrer Bahnen hervorgeht, ſich von den vorhergehenden weſentlich unterſcheiden. Sie ſind ſämmtlich ſehr klein, und ihre wahre Größe zu beſtimmen, wird auch für die Beſitzer künftiger größerer Fernröhre eine ſehr ſchwierige Aufgabe bleiben. Von einem derſelben, Pallas, haben wir von Lamont eine Meſſung, die ihm 145 Meilen Durchmeſſer giebt; die früheren Verſuche, ſowohl dieſen, als die der andern kleinen Planeten zu beſtimmen, litten an zu großen Unvollkommenheiten. Für Juno erhielt ich im

Jahr 1843 zwar kein directes Reſultat, überzeugte mich jedoch, daß der Durchmeſſer nicht über 80 Meilen betragen könne. Für Veſta gab eine ältere Beſtimmung 58 Meilen. Hiernach ſind ſie dem Volumen nach 2000 bis 10000 mal kleiner als unſre Erde.

Leicht zu erachten iſt hiernach, daß ihre Umdrehungszeit, die Lage ihrer Axe u. dgl. gänzlich unbekannt ſein werden. Wir haben nur die Elemente ihrer Bahn und wiſſen, daß dieſe ſehr ſtarken Veränderungen unterworfen ſind, und daß ſie alle, am meiſten Juno und Pallas, ſehr ſtarke Excentricitäten haben. Auch ihre Maſſen und Dichtigkeiten ſind uns völlig unbekannt.

Setzen wir die Stärke der Erderleuchtung durch die Sonne = 1, ſo haben wir

	Sonnennähe.		Sonnenferne.	
	Durchmeſſer der Sonne.	Erleucht.	Durchm. der Sonne.	Erleucht.
Veſta . .	14′ 54″	0,22	12′ 26″	0,15
Juno . .	16′ 10″	0,26	9′ 32″	0,09
Ceres . .	12′ 32″	0,16	10′ 43″	0,11
Pallas . .	15′ 13″	0,23	9′ 18″	0,08

Wenn die Stärke der Erleuchtung und Inſolation ſich wie bei Pallas und Juno auf den dritten Theil vermindern kann, ſo muß eine von der Neigung der Axe ganz unabhängige Verſchiedenheit der Jahreszeiten zu dem hinzukommen, was durch dieſe Neigung bewirkt wird. Nehmen wir bei Juno und Pallas die Neigung der Axe gleich Null oder ſehr klein an — ein ſehr möglicher, bei Jupiter und unſerm Monde wirklich ſtattfindender Fall — ſo bleiben dieſe Excentricitäts-Jahreszeiten die einzigen. Alsdann hätten nicht die beiden Halbkugeln wechſelsweiſe, ſondern der ganze Planet gleichzeitig einen kürzern Sommer und einen längern Winter, dabei aber keine Ungleichheit der Tage und Nächte, eine unbedeutende ausgenommen, die aber

ſo beſchaffen iſt, daß im Sommer ſowohl Tage als Nächte etwas länger als im Winter ſind. Setzen wir einen andern Fall, nemlich den, daß der Nordpol des beträchtlich geneigten Aequators gleiche Länge mit dem Aphelium habe, ſo hat die Nordhalbkugel einen kurzen ſehr heißen Sommer und einen langen ſtrengen Winter, die Südhalbkugel dagegen empfände wenig oder nichts von einer Temperaturverſchiedenheit der Jahreszeiten, da die Sonnennähe mit ihren kurzen Tagen, die Sonnenferne mit den längern zuſammenfiele. Man kann, bei unſrer Unbekanntſchaft mit dem wahren Sachverhältniß, noch manche andre Lagen annehmen, die zum Theil auf einen ſehr ſonderbar verwickelten Jahreszeiten-Cyclus führen, in keinem Fall aber auf ſolche, wie ſie möglich ſind bei Planeten von mäßiger Excentricität.

An ihrem nächtlichen Himmel iſt Jupiter bei weitem das glänzendſte Geſtirn, und ſeine Oppoſitionen liegen 6—7 Erdjahre aus einander. Sie ſelbſt kommen einander zwar zuweilen ſehr nahe (Veſta und Ceres bis auf 2 Millionen, Pallas und Ceres auf 1½ Mill. Meilen, nach den gegenwärtigen Elementen), müſſen aber auch dann noch ziemlich unſcheinbar bleiben. Dem Jupiter kann Pallas ſich bis auf 37 Mill. Meilen nähern und ihn dann 110 Secunden groß erblicken; das unbewaffnete Auge eines Erdbewohners würde in ſolcher Nähe auf den erſten Blick die 4 Jupitersmonde erkennen. Saturn und Uranus ſieht man von den kleinen Planeten aus nur wenig beſſer als bei uns; die untern Planeten vom Mars an ſchlechter; Venus und Mercur wahrſcheinlich gar nicht mehr.

Durchgänge der Planeten Mercur, Venus, Erde und Mars durch die Sonne beobachten ſie, aber ſehr ſelten: erſt nach einigen Jahrhunderten ereignet ſich für Juno oder Pallas ein Phänomen dieſer Art.

Die Schwere auf diesen Körpern muß überaus gering sein. Gewiß schätzen wir reichlich, wenn wir ihre Dichtigkeit der der Erde gleich setzen, da diese nach Mercur der dichteste aller bekannten Weltkörper ist. Alsdann würden die Fallhöhen sich wie die Durchmesser verhalten, also für Pallas ein zwölfmal, für Juno ein zwei und zwanzigmal, für Vesta ein dreißigmal langsamerer Fall als für die Erde, oder resp. von 15 Zoll, 8½ Zoll, 6¼ Zoll in der ersten Secunde stattfinden. Die Pendellängen würden gar auf 3, 1⅔, 1¼ Zoll herabsinken. Wir würden im Anblick einer solchen Bewegung Anstand nehmen, sie als ein Fallen zu bezeichnen und ein sanftes, allmäliges Herabschweben wahrnehmen, gefahrlos für einen Sprung von dem höchsten unsrer Thürme herab. Das Gewicht eines Pfundes würde sich auf 2 bis 1 Loth vermindern. Die Körperkraft eines Erdbewohners würde dort die unglaublichsten Dinge ausführen können.

Jupiter.

Hier gelangen wir an ein größeres System, und zwar an ein verhältnißmäßig sehr genau bekanntes.

Für den Hauptkörper haben wir folgende gut verbürgte Data:

Rotation	= 9h 55′ 26,56″
Neigung des Aequators gegen die Bahn	= 3° 5′
Länge des Nordpols	44° 30′
Durchmesser des Aequators	20018 Meilen.
Polardurchmesser	18524 „
Masse	1/1047

Die Excentricität seiner Bahn ist nur mäßig, eben so ihre Neigung gegen die Erdbahn.

Sein Jahr, aus 10477 Sonnentagen bestehend, theilt sich in nur wenig unterschiedene Jahreszeiten. Die Höhe der Sonne für einen gegebenen Ort kann sich nur um 6° 10′

ändern; für die Verschiedenheit der Tageslängen genüge Folgendes:

	Längster Tag.	Kürzester Tag.
40° Br.	5h 6′ 25″	4h 19′ 14″
60° „	5h 15′ 47″	4h 39′ 53″

während der mittlere Tag 4h 57′ 49,5″ beträgt.

Erst jenseit des 86° 55′ kommen Gegenden vor, die an einander hängende Tage oder Nächte von mehreren Rotationen haben, und für die dem Aequator benachbarten Gegenden wird der einzige, nur wenige Secunden betragende Unterschied in der Excentricität der Bahn zu suchen sein. Die Stärke der Erleuchtung u. s. w. durch die Sonne ist 24½ — 29½ mal schwächer als die der Erde, und etwa so stark, wie sie bei ringförmigen Sonnenfinsternissen durchschnittlich angenommen werden kann. Die Sonne erscheint ihm unter einem Winkel von 6′ 28″ bis 5′ 52″.

Ekliptik und Aequator sind für ihn wenig verschieden; die Gestirne bewegen sich aber dort 2½ mal rascher als bei uns. Nur den Saturn sieht er erheblich besser, als irgend ein andrer Planet, von den übrigen insgesammt sehr wenig, wohl kaum noch unsre Erde. Durchgänge der acht unter ihm stehenden Planeten sind zwar nicht so sehr selten, aber schwer wahrzunehmen. Eine herrliche Zierde seines nächtlichen Himmels sind seine 4 Monde, die in seinem Horizont unter folgenden Durchmessern erscheinen:

31′ 11″ (fast wie unser Mond)
17′ 35″
18′ 0″
8′ 46″

Im Zenith dagegen sind sie beträchtlich größer, nemlich:

37′ 26″
20′ 39″
19′ 12″
9′ 6″

welche Größen nur sehr kleinen Aenderungen unterworfen sind. Es können zuweilen alle 4 Monde zugleich über dem Horizont eines gegebenen Ortes erscheinen, weit häufiger jedoch tritt der entgegengesetzte Fall ein, daß nemlich keiner gesehen wird. Die große Nähe dieser Monde ist nemlich Ursache, daß sie nie der halben Jupiterskugel, sondern einem merklich geringern Theile gleichzeitig sichtbar sind, nemlich:

der erste Mond	0,414	der Oberfläche	Jupiters
der zweite =	0,446	=	=
der dritte =	0,466	=	=
der vierte =	0,481	=	=

Diese nicht unbedeutende Verminderung des Mondscheins wird desto merklicher, je weiter man sich vom Aequator entfernt, und hierzu kommen nun noch die Finsternisse, die dem Jupiter regelmäßig den besten Theil des Mondscheins, nemlich alle Vollmonde der drei innern und die meisten des äußeren Mondes rauben. Diese Finsternisse sind so häufig und ihre Dauer so beträchtlich, daß gar nicht selten durch sie allein eine Nacht alles Mondscheins beraubt wird. Am häufigsten sind die des ersten Mondes, die alle 42½ Stunde eintreten.

Da übrigens diese Monde eben so schwach als Jupiter selbst von der Sonne erleuchtet werden, so ist auch ihr Licht mit dem unsers Mondes nicht in Vergleichung zu stellen. Nur verhältnißmäßig, nemlich als aliquoten Theil des Sonnenscheins betrachtet, kann man sagen, daß dem Jupiter

der erste Mond	etwa	so	stark	als	unser	Mond	leuchte	
der zweite =	=	1/3	=	=	=	=	=	=
der dritte =	=	1/3	=	=	=	=	=	=
der vierte =	=	1/15	=	=	=	=	=	=

Nun aber giebt es Gegenden auf der Kugel Jupiters ohne allen Mondschein, über deren Horizont sie sich

nie erheben. Jenseit des 81° Br. hört man auf, den ersten Mond zu sehen, in 84½° geht der zweite, in 86½° der dritte, in 88° auch der letzte verloren, so daß sie für die äußersten polaren Gegenden gar nicht vorhanden sind. Aber auch schon die benachbarten Breiten bekommen die Monde nur auf eine sehr kurze Zeit über ihren Horizont. Alles dies würde nicht stattfinden, wenn die Jupiterskugel kleiner oder die Bahnen der Monde stärker geneigt wären.

Wie es sich demnach in der Wirklichkeit gestaltet, so ist für den Jupiter durch seine 4 Monde weniger gesorgt, als für die Erde durch ihren einzigen, und die Gegenden, welche nach unsrer Ansicht des Mondscheins am dringendsten bedürfen (und auf unsrer Erde auch wirklich am reichsten genießen) gehen leer aus. Man könnte sich versucht fühlen, die paradoxe Behauptung aufzustellen, die Bahnen und Distanzen der Jupitersmonde seien absichtlich so angeordnet, daß für den Hauptplaneten möglichst wenig Beleuchtung herauskomme.

Es steht diese Bemerkung im geradesten Widerspruche mit einer Ansicht, die in vielen (auch selbst den trefflichen Bode'schen) Schriften durchgeführt worden ist und nach welcher die entferntern Planeten reichlicher mit Monden versehen seien, weil sie ihrer mehr bedürften, da sie ihnen einen Ersatz für das zu schwache Sonnenlicht gewährten. Einer solchen Ansicht waren die 6 Herschel'schen Uranusmonde noch lange nicht genug, und mehr noch fand sie es befremdend, daß Mars keinen Mond habe, ja Einige gingen so weit, zu behaupten, er müsse wenigstens einen haben. Es thut uns aufrichtig Leid um die poetischen Schilderungen von dem „sanften, mit dem Sonnenlicht sich vereinigenden und dieses verstärkenden" Mondenlicht Jupiters; aber ernsthaft gesprochen, wie kann je ein noch so großer Mond das Sonnenlicht verstärken? Am Tage muß er nach nothwendigen

Naturgesetzen eine matte, glanzlose Scheibe bilden, wie der unsrige, die Nächte aber werden durch die größere Entfernung des Planeten um gar nichts dunkler. Wenn nicht physische und von der Entfernung unabhängige Ursachen eine Differenz bewirken, so sind die Nächte auf allen Planeten gleich dunkel, und es ist nicht der geringste Grund vorhanden, die fünfstündige Jupitersnacht, die einem matt erhellten Tage folgt, der Erleuchtung für bedürftiger zu erachten, als die zwölfstündige Mercursnacht, der ein blendend heller Tag vorherging.

Es wäre Vermessenheit, speciell die Absichten des Schöpfers bei Bildung und Anordnung der einzelnen Weltkörper nachweisen zu wollen. Daß aber bei Austheilung der Monde die Beleuchtung des Centralplaneten der Hauptzweck nicht gewesen sei, ja daß das Mondlicht nie und nirgends einem nothwendigen Bedürfniß abhelfe, dies kann ohne alle Restriction behauptet werden.

Das Licht eines Jupitertages ist etwa dem zu vergleichen, was während der Finsterniß vom 16. Mai 1836 in einem großen Theil des nördlichen Deutschlands wahrgenommen wurde, und was noch immer stark genug war, um die gewohnten Tagesgeschäfte nicht unterbrechen zu müssen. Die Schatten auf Jupiter sind dagegen sehr scharf, denn da sie sich nach der Größe der Sonnenscheibe richten, so werden sie über fünfmal schärfer begrenzt sein als auf der Erde.

Mondfinsternisse erblickt Jupiter während eines seiner Jahre gegen 4400, und einer bestimmten Gegend der Aequatorzone kommen etwa 2000 derselben zu Gesicht. Sonnenfinsternisse (und zwar meistens totale) sind zwar eben so häufig im Allgemeinen, einer einzelnen Gegend aber kommen sie 10—12mal seltener als jene zu Gesicht. Die Dauer der Mondfinsternisse ist 2—3 Stunden, die der Sonnenfinsternisse (für den einzelnen Punkt) nur 5—10 Minuten.

An dem wirklichen Verſchwinden der ganzen Sonnenſcheibe hinter dem Trabanten iſt nicht zu zweifeln, da man von der Erde aus die ſchwarzdunklen Schatten auf der Scheibe deutlich bemerkt.

Jupiters Dichtigkeit iſt 0,24 der Dichtigkeit unſerer Erde, und dieſe Dichtigkeit iſt nicht etwa homogen vertheilt, ſondern — wie die Erde — iſt Jupiter nach der Mitte zu beträchtlich dichter als an der Oberfläche. Dies geht aus den Gleichungen hervor, welche zwiſchen Dichtigkeit, Umlaufszeit, Abplattung und Durchmeſſer ſtattfinden müſſen, wenn die Dichtigkeit homogen angenommen wird. Es mag alſo auch bei Jupiter die Oberflächengegend daſſelbe Verhältniß zur Geſammtdichtigkeit zeigen wie auf der Erde, und dann iſt ſie nur etwa $^7/_{10}$ unſers Waſſers, folglich nicht fähig, oceaniſchen Gewäſſern das Gleichgewicht zu erhalten. Gleichwohl findet auf dieſer ſo lockeren Oberfläche eine beträchtliche Schwere ſtatt, faſt $2^1/_2$ mal ſo groß als bei uns. Die Fallhöhe in der erſten Secunde iſt am Aequator 33, an den Polen 41 Fuß; ein Pfund auf der Erde wiegt an den Jupiterspolen $2^2/_3$ Pfund, am Aequator $2^1/_4$. — Sollten unter den mittleren Breiten auf der Jupiterskugel die Pendeluhren um nicht mehr als eine Secunde während eines Jupitertages differiren, ſo müßten ſie unter mittleren Breiten für jede Achtelminute des Breitenunterſchiedes beſonders regulirt werden.

So iſt der Körper beſchaffen, der in der Planetenwelt nächſt dem Hauptkörper die wichtigſte Rolle ſpielt, und deſſen Maſſe, obwohl noch nicht ein Tauſendſtel der Sonnenmaſſe, doch die Summe aller übrigen des Syſtems um mehr als das Dreifache übertrifft. Er macht ſeine Wirkung auf alle Körper deſſelben in merklicher Weiſe geltend; ja er vermag es, Kometen gänzlich aus ihrer Bahn zu werfen und ihnen einen gänzlich verſchiedenen Lauf zu ertheilen.

Verſchwände die Sonne aus unſerm Syſtem, ſo würde Jupiter ſein Centralkörper werden und die Erde ſich in 383 Jahren etwa um ihn herum bewegen.

Die Monde Jupiters.

	Durchmeſſer. Meilen.	Abſtand vom Jupiter.	Umlaufszeit.	Maſſe in Millionentheilen der Jupitersmaſſe.	Dichtigkeit.
1.	529	58294	1 T. 18 h 28′	17,3	0,200
2.	475	92827	3 T. 13 h 14′	23,2	0,371
3.	776	148078	7 T. 3 h 43′	88,5	0,324
4.	664	260450	16 T. 16 h 32′	42,7	0,250

Bei der nahen Uebereinſtimmung der Ebenen ihrer Bahnen mit denen des Aequators und der Bahn ihres Hauptkörpers iſt es höchſt wahrſcheinlich, daß auch die Aequatoren der Monde mit ihnen nahe zuſammenfallen, und aus Herſchel's Unterſuchungen wiſſen wir, daß ſie ihre Rotation in derſelben Zeit wie ihren Umlauf vollenden (ein Reſultat, welches durch meine eigenen Beobachtungen beſtätigt wird), folglich ihrem Hauptkörper ſtets dieſelbe Seite zuwenden, und zwar beträchtlich genauer als unſer Mond.

Die Sonne ſpendet ihnen Licht und Wärme in gleichem Maaße wie ihrem Hauptkörper, auch erſcheint ſie ihnen unter demſelben geringen Durchmeſſer. Aber den Jupiter ſehen ſie in gewaltiger Größe faſt unverrückt an ihrem Firmament ſchwebend, und zwar betragen ſeine Durchmeſſer:

	Aequatoral-Durchm.	Polar-Durchm.
für den 1. Mond	1186 Min.	1099 Min.
" " 2. "	743 "	688 "
" " 3. "	465 "	431 "
" " 4. "	264 "	245 "

also 8—38mal (oder der Fläche nach 63—1450mal) größer als wir den Mond erblicken. Die Pole selbst sehen sie nicht, die übrigen Gegenden kommen ihnen dagegen in 10—13 Stunden vollständig zu Gesicht. An jedem ihrer Tage (deren Dauer 21, 43, 86 und 200 Stunden beträgt) erleiden sie regelmäßig eine totale Sonnenfinsterniß durch Jupiter, die aber stets nur die eine Hälfte der Oberfläche trifft. Die andere, dem Planeten abgewandte Hälfte erblickt nur in seltenen Fällen, nemlich wenn ein Mond den andern verfinstert, ein solches Phänomen. Nur der vierte Trabant hat unter 259 Tagen 119 finsternißfreie und 140 mit Finsternissen, unter denen auch einige blos partiale vorkommen. Die Dauer dieser Finsternisse ist:

für den	1. Mond	$2^h\ 22'$
= =	2. = ...	$3^h\ 0'$
= =	3. = ...	$3^h\ 34'$
= =	4. = ...	$4^h\ 44'$

und diese Dauer erleidet bei den inneren Monden nur wenig Veränderung. Während dieser Finsternisse herrscht auf den Monden eine weit größere Dunkelheit als während der Nacht selbst, deren Schatten durch den Schein der Jupiterskugel beträchtlich gemildert werden. Wie unsere Erde in Bezug auf ihren Mond, so durchläuft auch Jupiter für die seinigen denselben Cyclus von Phasen, den sie selbst ihm gewähren, allein in umgekehrter Folge. Ihre eigenen Schatten sehen sie deutlich über Jupiter hinwegziehen, bei weitem häufiger und augenfälliger als unser Mond seinen Schatten auf der Erdscheibe erblickt; und die Dauer dieses Vorüberziehens ist beiläufig der der Finsternisse gleich.

Der Verlust, den die Monde an ihrem Tagesschein durch diese Finsternisse erleiden, beträgt für sie resp. $1/9$, $1/14$ $1/24$, $1/41$; doch sind diese Zahlen Maxima, und für den äußersten Mond ist der Verlust oft viel geringer.

Die Fallhöhen ſind auf ihnen noch kleiner als auf unſerm Monde, ſie betragen nemlich in der erſten Secunde nur 11 Zoll, 19 Zoll, 26 Zoll, 17 Zoll (12 auf den Par. Fuß gerechnet). Ein Pfund auf der Erde würde dort nur reſp. 2, 3, 5, 3 Loth wiegen.

Von merklich verſchiedenen Jahreszeiten iſt bei ihnen wohl noch weniger als auf Jupiter ſelbſt die Rede; dagegen fehlt es ihnen nicht an einer von der Natur ſelbſt gebotenen ſehr bequemen Eintheilung des langen Jahres. Den Anfang deſſelben markirt am deutlichſten der Wiedereintritt der Finſterniſſperiode des vierten Trabanten. Nun wird man bei einiger Aufmerkſamkeit bald wahrnehmen, daß zwei Umläufe des erſten Trabanten nur um 18 Minuten kürzer ſind als einer des zweiten; ein Unterſchied, der für die ſynodiſchen Umläufe auf 20½ Minuten anwächſt. Wenn daher zu irgend einer Zeit der erſte und zweite Mond gleichzeitig verfinſtert werden, ſo tritt 85 Stunden ſpäter nahezu daſſelbe ein und es folgt eine kleine Reihe von Doppelfinſterniſſen aufeinander. Sind ſie nach einiger Zeit auseinandergerückt, ſo währt es 437 Erdentage, bis dieſe Coincidenzen wiederkehren, wie ſich leicht nachrechnen läßt. Ein ſo höchſt augenfälliges Phönomen (für Jupiter ſelbſt ebenſo wie für ſeine Monde), welches das Jupitersjahr faſt genau in zehn gleiche Theile theilt, gewährt ein Mondenjahr, ungleich beſſer und brauchbarer als das, was lange Zeit den Erdbewohnern dienen mußte. Ferner treten gerade in der Mitte dieſer 437tägigen Periode in ganz ähnlicher Weiſe gleichzeitige Finſterniſſe des zweiten und dritten Mondes ein, und die zehn großen Abſchnitte theilen ſich alſo wieder in zwei gleiche Hälften. So traf z. B. die Coincidenz der Finſterniſſe des erſten und zweiten Mondes am 9. Februar 1831 ein, und nach Verlauf der Hälfte des Zehnteljahres, am 14. (und 21.) September 1831, die Coincidenz für den zweiten und dritten Mond. Dieſe 218 Tage

umfaſſen genau 30 ſynodiſche Umläufe des dritten (größten) Trabanten, jeden von 40½ Jupitertagen. So wird es den Bewohnern Jupiters und ſeinen Trabanten leichter 10477 Tage in eine bequeme und genaue Eintheilung zu bringen, als uns unſere 365. Die weitere Ausführung dieſer Skizze eines Jupiterskalenders wäre ſehr leicht, kann aber füglich wegbleiben.

Saturn.

Rotation 10^h 16′ (oder 10^h 29′ 17″)
Neigung der Axe 26° 49′ 17″
Aufſteigender Knoten 171° 17′ 34″
Aequatoral-Durchmeſſer 16305 Meilen
Polardurchmeſſer 14696 Meilen
Maſſe 1/3501 Meilen.

Die erſtere dieſer Beſtimmungen iſt noch ſehr unſicher. Herſchel fand 10^h 16′ für den Planeten, 10^h 29′ 17″ für den Ring; beides nach ſehr ſchwierigen und wenig zahlreichen Beobachtungen. Man kann mit großer Wahrſcheinlichkeit beide Perioden ganz gleich, und jede derſelben in runder Zahl zu 10^h 30′ annehmen.

Unter dieſer Vorausſetzung ergiebt ſich ein Jahr von 24591 Tagen, welche 10759 unſerer Tage gleich ſind; oder beſſer, es beſtände aus ſo vielen, wenn Saturn keinen Ring hätte. Denn von der angegebenen Zahl gehen in den polaren Regionen durch die lange Nacht, und in allen übrigen durch die großen Finſterniſſe, welche der Ring veranlaßt, mehrere tauſend Tage verloren, wie denn Saturn, der Zeit nach, unter allen Planeten am wenigſten von der Sonne beleuchtet wird. Sein aus 29,45 Erdjahren beſtehendes Jahr theilt ſich in die vier Jahreszeiten in folgender Weiſe:

Nordhälfte.			Südhälfte.
Frühling	7,74	Erdjahre	Herbſt
Sommer	8,01	"	Winter
Herbſt	6,94	"	Frühling
Winter	6,76	"	Sommer.

Das Aphelium hat gegenwärtig in Beziehung auf die Jahreszeiten eine faſt ganz gleiche Lage mit dem der Erde, und unſere Jahreszeiten würden dieſelbe Verſchiedenheit zeigen, wäre die Excentricität der Erdbahn der der Saturnsbahn gleich.

Die Stärke der Erleuchtung iſt 81 — 101 mal ſchwächer als auf der Erde und mag etwa dem Schimmer gleichen, den wir eine Viertelſtunde nach Sonnenuntergang haben. Die Größe der Sonne variirt zwiſchen $3\frac{1}{2}$ und $3\frac{1}{8}$ Min. Saturns Südhalbkugel zieht von dieſer Ungleichheit die meiſten Vortheile.

In Bezug auf Beobachtung der Planeten iſt ſeine Stellung eine ungünſtige, da nur Uranus in ſeinen nach 44 Erdjahren wieder eintreffenden Oppoſitionen ihm etwas beſſer als den übrigen Planeten zu Geſicht kommt, alles andere ſchlechter. Jupiter iſt ſein Morgen- und Abendſtern und erſcheint ihm nicht ſo glänzend als uns; ob er von unſerer Erde noch etwas erblicke, iſt nicht wahrſcheinlich. Jupiter geht für ihn nach je 2000 Erdjahren oder 70 ſeiner Jahre einmal durch die Sonne; die übrigen Hauptplaneten freilich öfter, aber als höchſt unſcheinbare Pünktchen. Kometen ſieht er höchſt wahrſcheinlich gar nicht mehr, ſelbſt dann nicht, wenn ſie — ein ſeltner Fall — einmal in ſeine Nähe kommen. Wir müſſen dies daraus ſchließen, daß die Sichtbarkeit der Kometen faſt allein von der Entfernung von der Sonne abhängt. Die Nähe zur Erde vergrößert ihren ſcheinbaren Durchmeſſer, allein dieſer iſt ohnehin groß genug, und wenn es darauf ankäme, ſo müßten wir die Kometen noch

weit über Uranus hinaus verfolgen können, während noch kein einziger, unſeren Fernröhren erreichbarer, die Entfernung Jupiters hatte. Selbſt wenn der Komet mitten durch das Saturnsſyſtem — wie der von 1770 durch das Jupitersſyſtem — gehen ſollte; man würde dennoch dort wahrſcheinlich nichts von ihm wiſſen. Annehmen könnte man freilich, die Saturnsbewohner wären in gleichem Maße empfänglicher für ſchwache Lichteindrücke als wir, allein wir haben es hier nicht mit ſolchen Hypotheſen zu thun, ſondern betrachten das Univerſum, vom Standpunkte Saturns aus, mit unſeren Augen und Werkzeugen. Innerhalb der Sphäre unſerer Erkenntniß liegt das, was den Bewohnern der Planeten kosmiſch gegeben iſt, außerhalb derſelben aber der Grad ihrer ſinnlichen wie geiſtigen Empfänglichkeit für dieſes Gegebene.

Die tägliche Bewegung der Geſtirne am Himmel iſt ziemlich ſo raſch wie auf Jupiter; allein für jede gegebene Breite giebt es eine Zone von Fixſternen, die für eine lange Reihe von Jahrtauſenden durch den Ring verdeckt iſt. Nur in den polaren Regionen, wo der Ring gar nicht mehr geſehen wird, iſt das Firmament frei wie bei uns. Seinen nächtlichen Himmel zieren 7 Trabanten, deren Größe wir zwar nicht kennen, von denen aber mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden kann, daß ſie ſämmtlich viel kleiner als unſer Mond ſind und auch vereinigt nur einen ſehr matten Mondſchein auf Saturn veranlaſſen können. Wenn der Huygens'ſche Mond — nach einer wenig zuverläſſigen Angabe — 680 Meilen Durchmeſſer hat, ſo erſcheint er dem Planeten unter einem Winkel von $8^2/_3$ Minuten und ſeine Scheibe iſt 12mal kleiner als die unſers Mondes; alle übrigen ſind entſchieden noch kleiner.

Der Phaſenwechſel, den dieſe Monde zeigen, unterſcheidet ſich weſentlich von dem, welchen unſer Mond, und

ebenſo die Jupitersmonde, darbieten. Bei dieſen nemlich iſt die Neigung der Bahn gegen die des Hauptkörpers zu gering, um einen merklichen von den Jahreszeiten abhängenden Unterſchied zu veranlaſſen. Ganz anders auf Saturn. Nahe um die Zeit, wo Saturn durch die Knotenpunkte der Ringebene geht (wie 1847) treten auch für ihn faſt vollſtändig erleuchtete Vollmonde und gänzlich unſichtbare Neumonde ein; in allen übrigen Tagen bleibt dagegen in den Oppoſitionen am Nord- oder Südrande der Trabantenſcheibe ein Theil unſichtbar, und ebenſo bleibt in den Conjunctionen eine nach Norden oder Süden geöffnete Sichel fortwährend ſichtbar. Wenn Saturn von den Knoten ſeiner Ringe 90° abſteht (wie 1840 und 1855), ſo erreicht die Breite dieſer Theile ihr Maximum. Sie iſt dann derjenigen vergleichbar, die bei unſerm Monde 50—52 Stunden nach dem Syzygium wahrgenommen wird, und es giebt auf Saturn Gegenden, welche auch mitten in ihrer Nacht dieſe Neumondsſicheln erblicken können. Die Spitzen der Sichel ſind alsdann beide nach oben gekrümmt, und ſie ſteht über der Gegend des Horizonts, wo ſich die nächtliche Dämmerung ſehen läßt.

Noch eine Beſonderheit der Erſcheinung dieſer Monde mag hier erwähnt werden. Der Meridiandurchgang unſers Mondes verſpätet ſich bekanntlich für jeden Tag um etwa 50 Minuten, da ſeine eigene Bewegung der täglichen aller Geſtirne entgegengeſetzt iſt. Der innerſte Saturnsmond braucht nur 22 Stunden 36 Minuten zu ſeinem Umlaufe, und aus dieſem Grunde verfließen von einem ſeiner Meridiandurchgänge bis zum andern

$$\frac{22{,}6 \times 10{,}5}{22{,}6 - 10{,}5} = 19{,}6 \text{ Stunden},$$

alſo zwei Saturnstage weniger $1\frac{2}{5}$ Stunden, oder ein ſynodiſcher Umlauf des Mondes weniger 3 Stunden. Wenn alſo dieſer innerſte Mond um Mitternacht als Vollmond

durch den Meridian geht, so erfolgt in der nächstfolgenden Nacht gar keine obere Culmination desselben, sondern erst in der dieser folgenden $1^2/_5$ Stunde vor Mitternacht, und drei Stunden später erfolgt die neue Opposition. Das Verhältniß gestaltet sich also nahezu ebenso, als wäre dieser Mond wechselsweise eine Nacht um die andere sichtbar und dann jedesmal im Laufe der Nacht voll. Sollte dieses ganz eigenthümliche Verhältniß in aller Strenge stattfinden, so wäre nur erforderlich, die Rotationsperiode Saturns um 48 Minuten zu vergrößern und sie auf 11^h 18′ 9″ zu bringen.

Wenn wir den äußersten Trabanten, der in einer von den übrigen ganz abweichenden Ebene läuft, ausnehmen, so neigen sich diese Trabantenebenen nur sehr wenig gegen den Aequator Saturns. Daraus folgt, daß z. B. der innerste Mond schon bei 73^0 50′ Br. unsichtbar ist. Unter 77^0 sieht man schon die beiden innersten nicht mehr, unter 88^0 sind alle sechs verschwunden und nur allein der siebente bleibt auch noch den Polen sichtbar. — Mondfinsternisse sind allerdings hier sehr häufig, noch häufiger als bei Jupiter, aber die Folge derselben ist ganz verschieden von der, welche wir dort kennen lernten. Alle Trabanten, auch selbst der innerste, bleiben finsternißfrei während einer längeren Periode, und werden in der übrigen Zeit beständig bei jedem Vollmonde verfinstert.

Für den innersten Mond währt die freie Periode $8^1/_5$ Erdjahr, die Finsternißperiode $6^1/_2$. Je weiter entfernt, in desto engere Grenzen zieht sich die Finsternißperiode zusammen; für den Huygens'schen (sechsten) ist sie etwa 1 Jahr, und $13^3/_4$ Jahre sind finsternißfrei. Für die sechs innersten Monde fällt die Mitte der Finsternißperiode nahe zusammen; es ist die Zeit, wo Saturn durch den Knoten der Ringebene geht. In derselben Zeit treten dann auch Sonnenfinsternisse

ein. Im Anfang und zu Ende der Periode treffen sie auf der Saturnskugel die Gegenden, welche in der Nähe des Grenzparallels der Sichtbarkeit des Trabanten liegen; gegen die Mitte hin zeigen sie sich am Aequator, dauern aber für einen einzelnen Ort auf der Kugel nur wenige Minuten. Die tropischen Gegenden sind um ein Geringes ärmer an Sonnenfinsternissen, als die circumpolaren.

Herschel I. hat in seinem Riesenteleskop am 2. November 1789 den Schatten des sechsten Trabanten deutlich auf der Saturnsscheibe gesehen, woraus folgt, daß der Durchmesser des Trabanten, vom Saturn aus betrachtet, größer erscheine als der der Sonne, daß mithin die durch ihn bewirkten Sonnenfinsternisse nicht blos partiale, sondern (mit geringen Ausnahmen) totale, auch nicht ringförmige sind.

Der Ring, oder besser das Ringsystem, welches den Saturn umgiebt, veranlaßt höchst merkwürdige und diesem Planeten eigenthümliche Erscheinungen. Er theilt sich, wie seit Herschel I. mit aller Bestimmtheit ermittelt ist, in mehrere concentrische, fast in derselben Ebene liegende, durch schmale Lücken getrennte Ringe von ansehnlicher Breite und sehr geringer Dicke. Der größere Durchmesser des äußersten Ringes beträgt 37587 geogr. Meilen und die Breite aller, mit Inbegriff der Zwischenräume, 6047. Die zuerst (1789) entdeckte Theilung ist 387 Meilen breit und läßt für die innere Fläche 3733 übrig, für die äußere 1729. Diese äußere zerfällt nun wieder in mehrere, deren genaue Zahl noch nicht bestimmt werden kann, da die Zwischenräume zu klein sind, um alle deutlich zu unterscheiden. Diese Ringe haben nun für jeden Ort der Saturnskugel eine bestimmte und bleibende Lage am Himmel, wo sie als große Bögen erscheinen. Am Aequator ziehen sie von Ost nach West durch's Zenith; aber hier sieht man nur die schmale Kante (sie hat etwa 30 Meilen) des innersten Ringes und von

den übrigen nur die etwanigen Ungleichheiten. In anderen Gegenden zeigen sich die Ringe weniger optisch verkürzt, dafür aber tiefer am Horizont und auch nicht mehr dessen Hälfte umspannend. Unter $37\frac{1}{2}^0$ der Breite erscheint das Ringsystem am breitesten, und nimmt $15\frac{1}{3}$ Grad von Nord nach Süd am Himmel ein; und will man den innersten allein betrachten, so ist $44^0\ 50'$ Br. der günstigste Parallel. Unter $53^0\ 28'$ erhebt sich der innerste Rand des inneren Ringes nicht mehr über den Horizont, und wo auf der Erde die Polarkreise liegen, sieht man auf Saturn von den Ringen gar nichts mehr. In dieser Lage der Ringe machen die Jahreszeiten keinen Unterschied, wohl aber die Beleuchtung derselben.

Im Sommerhalbjahr jeder Hemisphäre ist der Ring am Tage erleuchtet, des Nachts aber in ihrem mittleren Theile vom Saturnsschatten verdunkelt und der Anblick ist beiläufig der folgende:

Horizont.

Während der kürzesten Sommernächte reicht der Saturnsschatten nicht völlig mehr bis an die obere Ringkante, und die leuchtenden Bogenstücke hängen dann in der Mitte zusammen. Auch verändert dieser Schatten seine Lage im Laufe jeder Nacht. Die angegebene gilt für die Mitternacht, er rückt von Ost nach West, so daß er bei Sonnenaufgange noch am westlichen Ende gesehen wird, bei Sonnenuntergang aber vom östlichen her heraufsteigt. Die Nächte sind durch den Ring in dem Maße mehr erleuchtet als sie selbst kürzer werden und weniger dunkel sind. Im Winterhalb-

jahr iſt es ganz anders: nicht allein findet dann gar keine nächtliche Erleuchtung durch den Ring ſtatt, ſondern er iſt auch am Tage dunkel, da man nur ſeine Nachtſeite ſieht; ja er veranlaßt große, mehrere Erdjahre hindurch dauernde Finſterniſſe, während welcher Zeit die ſchwärzeſte Nachtdunkelheit herrſcht, wie die ſcharfen ſchwarzen Schatten, die der Ring auf die Saturnskugel wirft, und die wir von der Erde aus deutlich ſehen, beweiſen. Für eine Breite auf der Saturnskugel, die der unſerer Wendekreiſe entſpricht, tritt die erſte große Finſterniß 810 Erdentage nach der Herbſtnachtgleiche ein und währt 188 Tage, vielleicht mit kleinen Unterbrechungen, falls die Zwiſchenräume hinreichend breit ſind (was nicht der Fall zu ſein ſcheint). An 52 Tagen ſcheint ſodann die Sonne noch durch die breite Hauptſpalte und man hat wieder regelmäßigen Wechſel von Tag und Nacht. Nun aber folgt eine durch den innerſten Ring veranlaßte ununterbrochene Finſterniß von 9 Erdjahren (3261 Tage.) Iſt dieſe ungeheuere Nacht vorüber, ſo wiederholt ſich das Obige in umgekehrter Ordnung. Von den $14\frac{3}{4}$ Erdjahren der Winterhälfte gehen alſo hier zehn auf die großen Finſterniſſe. Unter anderen Breiten iſt es etwas verſchieden. In der Aequatorzone treten 4 Ringfinſterniſſe ein, zuſammen von etwas kürzerer Dauer; auch außerhalb derſelben iſt die Dauer verſchieden. Jenſeit des 57^0 Br. finden nur noch zwei Finſterniſſe in jedem Winter ſtatt; endlich nur noch eine, die in die Mitte des Winters fällt, und jenſeit 66^0 $36'$ ſind (wie oben erwähnt) die Ringe nicht mehr ſichtbar und man hat weder Vortheil noch Nachtheil von ihnen.

Der Ring verdeckt zwar eine große Anzahl von Fixſternen, die ſechs inneren Monde Saturns aber kann er nicht verdecken, außer für eine ſchmale Aequatorzone. In allen Gegenden, wo die Jahreszeiten ſich ſchon einigermaßen zu unterſcheiden anfangen, tritt bald nach dem Herbſtäquinoctium eine Finſterniß durch

den Huygens'ſchen (ſechſten) Trabanten ein. Nach einiger Zeit folgt eine durch den fünften, dann einige durch den vierten und ſo fort immer mehrere durch den dritten, zweiten, erſten. Dann folgt die Reihe der oben geſchilderten großen Ringfinſterniſſe, nach deren Beendigung, in umgekehrter Ordnung, die Trabantenfinſterniſſe wiederkehren. Der Sommer iſt von Finſterniſſen gänzlich frei, nur daß (in ſeltenen Fällen) der ſiebente eine kleine wahrſcheinlich immer nur partiale Finſterniß auch im Sommerhalbjahr bewirken kann.

Was man demnach auf unſerer Erde, und ebenſo auf den meiſten anderen Planeten, als Polarnacht bezeichnet hat, findet auf Saturn eigentlich überall ſtatt. Auch iſt keineswegs anzunehmen, daß eine beſondere Beſchaffenheit (etwa Transpareuz) der Ringe, eine ſehr ſtarke Brechung u. dgl. die Intenſität dieſer Finſterniſſe oder ihre Dauer vermindern: eine ſolche Annahme wäre unverträglich mit der Schwärze und Schärfe der Schatten auf Saturn wie auf dem Ringe, die unſere Beobachtungen darthun.

Wir ſind alſo genöthigt anzunehmen, daß die Organismen dieſes Weltkörpers fähig ſind, ſo ſtarke Beraubungen des Lichts zu ertragen, ohne unterzugehen, und daß alſo wohl überhaupt das Sonnenlicht für ſie kein nothwendiges Requiſit mehr ſei. Alle früher mehrfach geäußerten Meinungen über den Erſatz, den der Ring und die Monde dem Saturn für das zu ſchwache Sonnenlicht gewähren ſollten, zerfallen nicht allein in ein Nichts, ſondern ſchlagen in das directe Gegentheil um. Wir haben kein Recht, den Comfort der Saturnsbewohner nach unſerm eigenen zu bemeſſen, und was uns Nachtheil, ja Tod und Verderben bringen würde, kann dort unter gänzlich verſchiedenen Verhältniſſen Wohlthat ſein. Saturn mit ſeinen Ringen und Monden bildet nach aller Wahrſcheinlichkeit ‚eine eigene ſelbſtſtändige Welt, in welcher der Wechſel von Sonnenlicht und Schatten

nur mehr die Bedeutung aſtronomiſcher Phänomene hat und auf die Entwickelung der Lebensformen höchſtens noch einen untergeordneten Einfluß ausübt. Daß Betrachtungen, wie die gegenwärtigen, übrigens nicht ſonderlich geeignet ſind, unſere Sehnſucht nach einem ſolchen Zuſtande zu vermehren, will ich gern zugeſtehen.

Die längſten Tage finden ſich auf Saturn, wie überall, in den Polargegenden. Es findet ſich nemlich für die Mitte des Sommers:

Aequator	$5^h\ 15'$
40^0 Br.	$6^h\ 43'$
50^0 Br.	$7^h\ 24'$
60^0 Br.	$8^h\ 48'$
$63^0\ 10'$ Br.	$10^h\ 30'$
65	3,8 Erdjahre
70	7,2 "
75	9,5 "
80	11,4 "
85	13,1 "
90	14,7 "

Für die wirklichen Polarzonen, jenſeit $63^0\ 10'$, ſind nun die längſten Nächte den längſten Tagen etwa gleich. Hier alſo ſind ſeine lichtreichſten Theile, d. h. die, für welche die Summe des Sonnenſcheins, durch's ganze Jahr gezählt, ein Maximum iſt.

Noch eigenthümlicher iſt die Weltſtellung ſeiner Ringe. Dieſe haben, für jede ihrer beiden Seiten, einen $14^7/_{10}$ jähr. Tag, unterbrochen durch kurze Nächte (durch Saturns Schatten) von höchſtens 2 Stunden 8 Minuten Dauer (der fünfte Theil der geſammten Tagesperiode), ſo daß 8 Stunden 22′ für die jedesmalige wirkliche Tageszeit bleiben. Für den äußerſten Ring währen dieſe Unterbrechungen höchſtens $1^1/_2$ Stunde, und 5 Erdenjahre lang hat ſeine äußere Kante

fortwährenden Sonnenſchein. — Nachdem dieſer Zuſtand $14^{7}/_{10}$ Jahre lang gedauert, tritt eine eben ſo lange Nacht ein, in der es gar keinen Sonnenſchein, ſondern nur Saturnsſchein giebt, der die Zeiteintheilung fortführt, da alle $10^{1}/_{2}$ Stunden eine Mitternacht ohne Saturnsſchein eintritt. Saturn erſcheint ihm dabei keinesweges in Sichelform wie ſeinen Monden, ſondern anfangs als ein ſphäriſches Dreieck mit lauter convexen Seiten, die ihren Cyclus innerhalb 8—$8^{1}/_{2}$ Stunden durchlaufen. — Von der vollen Saturnsſcheibe ſieht jede Ringſeite nur die Hälfte, und zwar während des Winterhalbjahrs durch einen breiten und mehrere ſchmale ſchwarze Querſtreifen, von Oſt nach Weſt über die ganze Scheibe ziehend, unterbrochen.

Aber den überraſchendſten, großartigſten Anblick müßte uns ein Standpunkt auf der inneren Kante des inneren Ringes gewähren. Man denke ſich im Zenith eine enorme Kugel, die den achten Theil der Fläche des ganzen Himmelsgewölbes einnimmt und unſere Sonne an ſcheinbarer Größe zweiundzwanzigtauſendmal übertrifft. Die Durchmeſſer ſind 82^{0} in der Richtung des Aequators und 73 in der Polarrichtung. Einen eigentlichen Horizont hat ein ſolcher Beſchauer nicht nach allen, ſondern nur nach zwei Richtungen hin, nemlich nach Süd und Nord; nach Oſt und Weſt dagegen breitet ſich der Boden, auf dem er ſteht, unbegrenzt aus und zum Himmelsgewölbe empor. Dieſe beiden Bögen verlieren ſich in ungeheuerer Höhe und ſchließen hinter der Rieſenkugel zuſammen — ein Himmel mit Landſchaften in ununterbrochener Fortſetzung des tragenden Bodens und den eigentlichen geſtirnten Himmel in zwei geſonderte Stücke theilend. Zwei Stücke dieſes Rieſengewölbes, die ihren Ort ſchnell verändern, leuchten im Sonnenſchein, für den übrigen Theil wechſeln Saturnsſchein, Dämmerung und volle Nacht mit einander.

ab. Nirgends, weder auf der Erde noch in der gesammten Planetenwelt, giebt es ein Panorama, wie dieses.

Nicht minder eigenthümlich steht Saturn in Beziehung auf Schwere unter den Planeten da. Für Pol und Aequator ist sie so verschieden, daß sie an jenem $1\frac{1}{3}$, an letzterem nur $\frac{4}{5}$ der Schwere an der Erde beträgt. Um die saturnigraphische Breite zu bestimmen, bedarf es dort weder Gradmessungen noch astronomischer Beobachtungen; die Bestimmung der Pendellänge reicht aus. 20 Fuß ist der Fall in der ersten Secunde am Pole, 12 am Aequator; eins unserer Pfunde wiegt dort von 42 — 25 Loth. In mittleren Breiten ist die Schwere der auf der Erdoberfläche nahezu gleich.

Geringer ist sie auf den Ringen, wo überdieß die Richtung der Schwere nicht die normale ist, da sie gegen Saturn und gegen die Ringfläche gleichzeitig stattfindet. Auch kann diese Richtung nicht auf dem ganzen Ringe dieselbe sein. Unsere Architekten und Eisenbahn-Ingenieurs würden dort gewaltig in's Gedränge kommen.

Von den Monden Saturns ist schon mehrfach die Rede gewesen. Hier fügen wir noch hinzu, daß der siebente uns deutliche Merkmale an die Hand giebt, um zu schließen, daß er seinem Hauptkörper stets dieselbe Seite zuwende. Von den übrigen Monden ist dies ebenfalls um so wahrscheinlicher, da sie ihrem Hauptplaneten noch weit näher stehen, und diese große Nähe bei unserm und den Jupitertrabanten augenscheinlich diese eigenthümliche Rotation veranlaßt hat. Sie sehen also den Saturn mit seinem Ringe fast unverrückt an derselben Stelle des Himmels. Für den äußersten erscheint Saturn 2, der Ring $4\frac{1}{2}$ Grad groß; für den innersten der erste 39^0, der letzte $94\frac{1}{2}$ Grad. Für den äußersten Mond ist die tägliche Bewegung der Gestirne 80 mal langsamer als für uns; er muß folglich einen überaus günstigen Beobachtungspunkt gewähren. Die Schwere

iſt gewiß auf allen äußerſt gering. Wenn ihre Dichtigkeit nicht beträchtlich größer als die des Hauptplaneten iſt, wofür die Analogie der uns bekannteren Trabanten keineswegs ſpricht, ſo reduciren ſich die Fallhöhen und Pendellängen auf Zolle, das Pfund auf ein oder wenige Lothe. Genaueres läßt ſich hierüber nicht beſtimmen, und es wird ſtets ſehr mißlich bleiben, ihre Maſſen und Durchmeſſer zu erhalten; höchſtens wird man ihre oberen Grenzen mit einiger Sicherheit angeben können.

Uranus.

Durchmeſſer 7500 Meilen
Maſſe $^1/_{24,600}$
Rotation unbekannt
Abplattung etwa $^1/_{10}$.

Wir kennen dieſen entfernteſten der Weltkörper noch zu wenig, um über ſeine Weltſtellung Ausführliches geben zu können. Das Sonnenlicht iſt für ihn 334—403 mal ſchwächer als für uns, und das matte, bleiche Anſehen ſeiner gänzlich farbloſen Scheibe entſpricht dieſem Verhältniß ſehr gut. Was kann ihm wohl die Sonne noch gewähren, ſie, die nur noch $1^7/_{12}$—$1^3/_4$ Minuten Durchmeſſer zeigt und etwa ſo hell ſein mag, als ein Fixſtern erſter Größe in einem mäßigen Fernrohre uns erſcheint! Immer iſt ihr Schein dort noch beträchtlich ſtärker als unſer Mondſchein. Sein Standpunkt iſt der allerungünſtigſte für Kenntniß des Sonnenſyſtems; Saturn und Jupiter ſind ſeine Morgen- und Abendſterne, von allen übrigen Planeten würde das unbewaffnete Auge eines Erdbewohners von dort aus nichts mehr gewahren und auch die beiden genannten können ihm nur einen ſchwachen Glanz ſpenden.

Zwar können alle Planeten für ihn durch die Sonne gehen, aber dieſe Vorgänge ſind ſo überaus ſelten und zugleich

ſo unſcheinbar, daß ſelbſt unſere größten Fernröhre nur die Saturns- und Jupitersdurchgänge deutlich, die übrigen wohl kaum mehr, zeigen würden; und es verfließen beiläufig 10,000 Erdjahre, ehe ein Saturnsdurchgang wieder erfolgt.

Wollte man etwa annehmen, er ſehe dafür die Fixſterne beſſer als wir, ſo läßt ſich auch hier leicht der Ungrund zeigen. Im Allgemeinen ſteht man den Fixſternen, da ſie nach allen Richtungen in die Unendlichkeit hin vertheilt ſind, nirgend näher oder entfernter. Aber auch dieſem oder jenem einzelnen Fixſterne ſteht er nur etwa um eben ſo viel näher, als wir dem Monde näher ſtehen, wenn wir auf einen Berg ſteigen. Er kann allerdings dieſe Entfernung beſſer als wir beſtimmen, wegen des 19mal größeren Durchmeſſers ſeiner Bahn, aber er erhält dieſe Entfernungen nur im Verhältniß zur Sonnenentfernung, und dieſe letztere dort noch wahrzunehmen, iſt wohl kaum noch möglich.

So iſt er in ſeiner öden Einſamkeit hauptſächlich auf die Betrachtung ſeiner Monde verwieſen, deren er mehrere hat, die ſich aber unſerm Anblick ſchon faſt gänzlich entziehen und deren Zahl wir nicht kennen. Aber das Wenige, was wir von ihnen gewiß wiſſen, führt uns in ein Verhältniß, welches in der geſammten Planetenwelt einzig daſteht: ſie bewegen ſich retrograd.

Ihre Bahnen ſtehen nemlich nahezu ſenkrecht auf die Bahn des Uranus, ſo jedoch, daß die Richtung auf die entgegengeſetzte Seite noch 11 Grad überſchlägt und ſie alſo mit 79 Grad Neigung ſich von Oſten nach Weſten herum bewegen. Man kann faſt als gewiß annehmen, daß auch der Aequator des Planeten dieſe Lage habe, und meine eigenen in den Jahren 1842 und 43 über die Richtung der Axe angeſtellten Beobachtungen ſtimmen damit überein.

Hier iſt alſo eine bekannte Stelle im Koran:

„Geht die Sonne einſt im Weſten auf,
Wißt, erfüllt iſt dann der Zeiten Lauf;
Und der Engel mit Poſaunenſchalle
Weckt die Todten aus den Gräbern alle.“

wenigſtens in ihrer erſten Zeile zur Wahrheit geworden. Dem Uranus und ſeinen Trabanten geht die Sonne und alle Geſtirne im Weſten auf und im Oſten unter.

Eine Folge davon iſt, daß ſein Sterntag länger als ſein Sonnentag, und die ſynodiſchen Umläufe ſeiner Monde kürzer als die periodiſchen ſind.

Ferner zeigen ſeine Monde zwar allerdings einen Phaſenwechſel, aber total verſchieden von dem, welchen wir an unſerm Monde kennen. Steht Uranus 90° vom Knoten der Mondsbahnen, ſo zeigen ſie ihm nahezu eine beſtändige Quadratur. Sie ſind entweder genau halb oder eine Kleinigkeit mehr oder weniger als halb erleuchtet, und die Lichtgrenze rückt nicht ſowohl in einer beſtimmten Richtung vor, ſondern ſie dreht ſich auf der Mondſcheibe im Kreiſe herum. Wenn Uranus den erwähnten Knotenpunkten näher rückt, ſo geht dieſer uns ſo fremdartige Phaſenwechſel allmälig in denjenigen über, den unſer Mond zeigt, und in den Knotenpunkten ſelbſt iſt er dieſem ganz identiſch. Dann hat man dort wirkliche Voll- und Neumonde, und gleichzeitig auch eine zuſammenhängende Reihe von Mond- und Sonnenfinſterniſſen ähnlich wie bei Saturn. Die Gegenſeitigkeit zwiſchen Hauptplaneten und Trabanten iſt Urſache, daß auch die Monde am Uranus dieſelben Phaſenänderungen wahrnehmen, die dieſer an ihnen ſieht. Die verſchiedene Art des Phaſenwechſels der Monde bezeichnet auf Uranus die Jahreszeiten-Eintheilung.

Wenn wir das, was das Sonnenlicht dort noch bewirkt, für hinreichend erachten wollen, um die Benennung „Tag und Nacht“ zu rechtfertigen, ſo haben wir dort eine

Ungleichheit der Tage und Nächte wie sonst nirgend. Regelmäßige, bei jeder Rotation eintretende Wechsel hat man dort nur in einer Aequatorzone von 22° Breite, kaum dem fünften Theile der Kugeloberfläche. Von da ab stehen die längsten Tage so:

12	Br.	2,3	Erdenjahre
15	=	4,8	=
20	=	7,9	=
30	=	13,1	=
40	=	18,0	=
50	=	22,8	=
60	=	27,5	=
70	=	32,3	=
80	=	37,1	=
90	=	42,0	=

Natürlich stehen diesen Tagen eben so lange Nächte gegenüber. Wie mag es in diesen aussehen?

Die Schwere ist auf Uranus nicht sehr verschieden von der auf der Erdoberfläche. Durchschnittlich (denn sie muß jedenfalls stark variiren) beträgt die Fallhöhe 11½ Fuß, und ein Pfund wiegt dort 25 Loth. Welches Verhältniß für seine Monde stattfinde, ist uns verborgen, da auch selbst die Existenz nur erst von zweien gewiß ist. Die übrigen vier hat seit dem Entdecker, der sie auch selbst für zweifelhaft giebt, noch Niemand wieder gesehen. Existirt der äußerste (320,000 geogr. Meilen Abstand und 108 Tage Umlaufszeit) wirklich, so ist er einer der vortheilhaftesten Punkte für die Kenntniß des Universums. Eine mehr als 100mal langsamere tägliche Bewegung der Gestirne, eine Sonnenparallaxe von fast 3 Minuten und 20mal größere Fixsternparallaxen als bei uns sind mächtige Hülfsmittel, um in die Geheimnisse des Weltalls einzudringen.

Die hier geschilderten Thatsachen, die nur in einigen Ausnahmefällen einstweilen noch auf Vermuthungen, sonst aber auf mathematische Gewißheit basirt sind, mögen einen Begriff von dem Reichthum der Schöpfung und von der Mannichfaltigkeit ihrer Bildungen geben. Wie wenig wir auch von ihnen zur Zeit noch wissen mögen, es ist mehr als genug, um jeden Gedanken an Uniformität in der Planetenwelt zu unterdrücken. Die Einheit des Sonnensystems ist keine Einerleiheit. Jedes Glied des großen Ganzen ist eine eigenthümliche Welt und schaut auf seine besondere Weise die Werke des Schöpfers an. Sind Bewohner auf ihnen vorhanden, so wird auch für ihr Wohlergehen überall gesorgt sein, aber durch unendlich verschiedene Veranstaltungen. Mag immerhin das Verhältniß zwischen Mittel und Zweck ein transcendentes für unsern Scharfsinn sein, mag es uns auch nie gelingen, uns eine deutliche, befriedigende Vorstellung der Existenzen und Lebensbedingungen auf jenen entfernten Globen zu bilden — über sie alle waltet dennoch ein großer Vater, der „mit gleicher Liebe seine Kinder liebt", ob er sie auch — nach unserer Weise betrachtet — nicht mit gleichem Maße gemessen hat.

XIV.

Fragmente zu einer künftigen physischen Planetographie.

Im vorigen Briefe haben wir die äußere kosmische Stellung, die mathematischen Verhältnisse der Planeten betrachtet, und ich war darin bemüht, diejenigen Folgerungen zu geben, welche sich über die eigenthümlichen Verhältnisse eines jeden der zu unserm System gehörenden Weltkörper aus den numerischen Bestimmungen derselben über Distanz, Umlaufszeit, Gestalt und Lage der Bahn, Rotationszeit, Lage des Aequators, Durchmesser und Masse ziehen lassen. Bei diesen Betrachtungen befanden wir uns auf sicherem Boden und die Resultate ergaben sich leicht und natürlich. Bleiben auch noch einige Lücken, so können diese doch nur einzelne Beziehungen und Objecte betreffen und sie thun der Zuverlässigkeit des Uebrigen keinen Eintrag. Es ist diese Zuverlässigkeit nothwendiges Ergebniß der strengen mathematischen Consequenz, deren sich die Grundlagen unserer heutigen Astronomie seit Kepler und Newton erfreuen, und die Zukunft wird zwar jene oben erwähnten nicht unbedeutenden Lücken auszufüllen und sämmtliche numerischen Bestimmungen schärfer zu geben haben, am wesentlichen Sachverhältnisse aber nichts mehr zu berichtigen finden. Denn daß kein einziges unserer numerisch ermittelten Daten eine absolute, ja die meisten noch lange nicht die wünschenswerthe und wahrscheinlich auch erreichbare Genauigkeit besitzen, hat eke wiedern nur auf die abgeleiteten Zahlen, keineswegs auf das dargestellte Sachverhältniß selbst, einen Einfluß, und alle wesentlichen Beziehungen, welche wir z. B. in dem Wechselverhältnisse zwischen Saturn und seinem Ringe nachgewiesen und dargestellt haben, werden bestehen

bleiben, wenn auch die Bestimmungen des Saturndurchmessers, der Ringbreite, der Rotationsperiode u. dgl. sich innerhalb der Grenzen, zwischen denen sie überhaupt noch schwanken können, in Zukunft ändern sollten.

Dem Verfasser mußte daran gelegen sein, die Ueberzeugung von der Sicherheit der darzustellenden Thatsachen bei seinen Lesern nicht dadurch zu schwächen, daß etwa eine oder die andere derselben einer solchen Sicherheit ermangelte. Er vermied es daher, in solche Verhältnisse einzugehen, die sich nur mehr oder minder wahrscheinlich machen lassen, und die nur unter gewissen Bedingungen, über welche sich nichts Sicheres ermitteln läßt, so und nicht anders sein können. Dahin gehörte z. B. die Frage über die Atmosphären der Weltkörper und die in ihnen vorgehenden Veränderungen, so wie überhaupt über die Oekonomie der Natur auf den einzelnen Globen unseres Kosmus. Obgleich er nun, wie man schon aus dem oben Gesagten abnehmen wird, das Feld der strengen mathematischen Betrachtung verlassen und statt der Gewißheit Wahrscheinlichkeit geben muß, so wird er dennoch mehr dahin streben, nie die hier so nöthige Vorsicht und Behutsamkeit aus den Augen zu setzen, als dem Ruhme eines durchdringenden Scharfsinns und einer genial-kühnen Combination nachzujagen. Mögen immerhin die, denen der Verfasser nicht weit genug geht, durch ihre eigene lebhaftere Phantasie das Fehlende ersetzen und die leer gelassenen Räume nach eigenem Belieben ausfüllen. Zwar ließen sich, wenn man sich hier auf Autoritäten berufen wollte, für manche überaus kecke Behauptung höchst achtbare Gelehrte citiren. Wir erinnern nur an Huygens „Kosmotheoros", der, nachdem er zu dem Schlusse gekommen ist, daß die Jupitersmenschen nicht größer als unserer Mäuse sein dürften, sich alles Ernstes frägt, wie denn diese Homunculi bei ihren astronomischen Beobachtungen im Stande

wären, die großen Instrumente, die man doch nothwendig auf ihren Sternwarten voraussetzen müsse, zu bewegen und zu richten: ein bedenklicher Umstand, der ihn an seinem sinnreichen Schlusse wieder irre macht. Wenn nun schon ein gründlicher Gelehrter wie Huygens, dem die ernste Wissenschaft so viele wichtige Forschungen verdankt, in eine Verirrung gerathen konnte, die der, welche Newton's „Erklärung der Offenbarung Johannis" uns darlegt, nichts nachgiebt, so mag man leicht erachten, was schwärmerische Halbwisser, denen kein mathematisches Gewissen warnend zur Seite stand, auf diesem weiten und gänzlich herrenlosen Gebiet für Unfug angerichtet haben! Die ältesten wie die neuesten Zeiten liefern der Beispiele in Menge.

Indeß um zur Sache zu gelangen, will ich im Voraus meine Ueberzeugung dahin aussprechen, daß jeder Weltkörper bewohnt sei, wiewohl ich hinzufügen muß, daß die Beobachtung für sich allein nicht im Stande ist, eine solche Ueberzeugung außer Zweifel zu setzen; und daß sie aus eben diesem Grunde sich auf den ganz allgemeinen Begriff des Bewohntseins, ohne irgend eine nähere Bestimmung, beschränken muß. Vielmehr wird man, wenn man durchaus weiter gehen will, fast nur negative Angaben gewinnen, und nur sagen können, wie die Bewohner dieses oder jenes Weltkörpers nicht beschaffen sind, was begreiflich keine Grundlage für eine positive Vorstellung von ihnen an die Hand giebt. — Jene Ueberzeugung nemlich beruht nur in sofern auf Beobachtungen, als diese zu dem Schlusse berechtigen, daß eine Bewohnung der fremden Weltkörper möglich, und daß das Gegentheil nur unter sehr gezwungenen Annahmen behauptet werden könne. Leugnen läßt sich aber durchaus nicht, daß die Beobachtungen auch diese Möglichkeit des Gegentheils offen lassen, wie gering sie auch sein möge. — Verbindet man aber mit dieser durch die Beobachtungen

gewonnenen Möglichkeit und resp. Wahrscheinlichkeit des Bewohntseins der Weltkörper den Satz: daß alles Erschaffene die höchste Zweckmäßigkeit darlege, und daß derselbe allweise Urheber, nach dessen Willen unser eigener Wohnort sich gestaltete, auch alle übrigen in's Dasein rief: so fühlt man sich gedrungen anzuerkennen, daß auch jene Globen einen Zweck, und zwar den edelsten und höchsten, dessen sie fähig sind, erfüllen. Sie sind aber fähig, bewohnt zu werden — versteht sich im obigen ganz allgemeinen Sinne des Worts — folglich können wir nicht umhin, sie auch für bewohnt zu halten, da wir nicht vermögen, einen höheren und edleren Zweck derselben uns zu gedenken.

Wollte man hier einwenden, daß gar wohl ein und der andere Weltkörper nur um eines andern willen vorhanden sein dürfte, und daß z. B. die Monde, auch ohne bewohnt zu sein, dennoch nicht zwecklos zu sein brauchten, indem sie ja zur Erleuchtung der Hauptplaneten bestimmt sind: so wird man wenigstens zugeben müssen, daß hier Mittel und Zweck in einem ganz unangemessenen Verhältnisse stehen. Schon früher hat der Verfasser darauf aufmerksam gemacht, wie wenig die besonderen Umstände bei den Trabanten der größeren Planeten einer nur einigermaßen merklichen Beleuchtung günstig sind, wie beim Saturnsringe sogar Lichtberaubung in weit größerem Maaße als Lichtspendung stattfindet, so daß man sich fast zu dem Schlusse versucht fühlen möchte, die Monde seien absichtlich so gestellt, daß sie ihren Hauptplaneten möglichst wenig Licht geben. Es bedarf doch wahrlich keines großen Scharfsinnes, um nachzuweisen, mit wie viel geringeren Mitteln und um wie Vieles vollständiger sich diese Beleuchtung hätte veranstalten lassen, wenn es auf sie in der Hauptsache abgesehen gewesen wäre! Und fast ganz dasselbe läßt sich auch von

der Erwärmung der Planeten sagen, wozu allerdings die Sonne wesentlich erforderlich ist, von der aber ein Millionentheil, wenn es der Erde hundertfach näher gerückt würde, denselben Dienst und zwar in gleichem Grade verrichten könnte. Ueberhaupt aber kann zugegeben werden, daß wechselseitige Beziehungen zwischen den verschiedenen Weltkörpern und Weltkörper-Ordnungen in sehr mannichfacher, uns vielleicht nur zum geringern Theile bekannter Weise thatsächlich bestehen, und folglich auch bestehen *sollen*, ohne daß daraus folgt, daß hiermit ihre ganze oder selbst nur ihre hauptsächliche Bestimmung erschöpft sei. Unsere Erde selbst dient ja nicht minder, die Nächte des Mondes — und zwar in sehr starkem Verhältnisse — so wie im geringeren Grade auch die einiger anderen Weltkörper zu erleuchten und ihr Firmament zu zieren; und wer wird darin ihre *Hauptbestimmung* erblicken wollen? Von welchem Gesichtspunkte aus man auch immer die *Erde* mit den übrigen Weltkörpern, nahen oder entfernteren, vergleichen wolle, — man wird sich vergebens nach einem Kriterium umsehen, welches gerade *sie* eines so ungemeinen Vorzuges *ausschließlich* würdig machen, sie allein als auserwählt darstellen sollte, auch Bewohner zu haben.

Bis zu diesem Punkte also halte ich die Speculation für *berechtigt*, aber auch *nur* bis zu diesem. Wie wir bei manchen eben so wichtigen Fragen — ich erinnere nur an die über unsere eigene Fortexistenz — gleichfalls wohl eine allgemeine Ueberzeugung, aber nicht die geringste nähere Bestimmung, so wünschenswerth sie auch sein möge, erlangen können, so auch bei dieser. Denn daß auf rein speculativem Wege kein weiterer *sicherer* Gewinn erlangt werden könne, muß jeder Unbefangene sich eingestehen. Versucht hat man es vielfältig; allein noch jedesmal wurden diese angeblich philosophischen Träume, in denen eine Generation sich gefiel,

von der nächstfolgenden verlacht, und von der späteren Nachwelt ganz vergessen. Man müßte demnach wieder auf die Beobachtungen zurückgehen, und diese — geben uns allerdings Manches, in einigen Fällen sogar sehr vieles Einzelne, was nicht ohne Beziehung auf die Bewohner eines Planeten sein kann — nur gerade das nicht, was wir am liebsten wissen möchten. Wie sind jene Bewohner gestaltet? Wie ist ihre Lebensweise beschaffen? In welchem Verhältnisse stehen ihre körperlichen und geistigen Fähigkeiten zu den unsrigen? u. s. w., u. s. w. Ueber alles dieses lehren uns die Beobachtungen direct nichts und können uns nichts lehren. Wenn man uns nun gleichwohl, selbst in den neuesten Zeiten, alles Ernstes über die religiösen Feste der Venusbewohner und über die Handelsbeziehungen auf Saturn — von den Seleniten gänzlich zu schweigen — unterhalten hat, so können wir uns dergleichen zwar gern gefallen lassen, wenn es in Romanform, auf geistreiche Weise behandelt, geboten wird; nicht aber, wenn es mit dem Anspruch die Wissenschaft zu bereichern, und in einer Gestalt wie nur die Wahrheit erscheinen darf, auftritt.

Vielleicht möchten Manche geneigt sein, diesem harten Urtheile nicht durchaus und unbedingt beizutreten. Was namentlich die geistigen Fähigkeiten der Bewohner fremder Weltkörper betrifft, so haben sich selbst achtbare Forscher darin gefallen, eine gewisse Stufenfolge anzunehmen, gegründet theils auf die verschiedenen Ordnungen und Kategorien der Weltkörper, theils auf die Distanz und andere ähnliche Relationen. Man erwartet für unsere eigenen Geisteskräfte eine wesentliche Steigerung von einer einstigen größeren „Befreiung aus den Banden der Materie". Der Verfasser ist so weit entfernt, diese Erwartung in's Lächerliche ziehen zu wollen, daß er vielmehr bekennt, ihr nichts Besseres substituiren zu können.

Nun fühlt man ſich allerdings verſucht, weiter zu argumentiren. Die „Bande der Materie" beſtehen doch wohl vor Allem in der materiellen Attraction, d. h. in der Schwerkraft, und da dieſe auf den verſchiedenen Weltkörpern notoriſch ſehr verſchieden, bei einigen ſogar in ihren einzelnen Zonen beträchtlich ungleich iſt, ſo ſcheint es, daß man nichts weiter nöthig habe, als eine Tafel über die Fallhöhen oder Pendellängen auf dieſen Weltkörpern, die ſich ja bekanntlich mit aller mathematiſchen Conſequenz ableiten laſſen. Man kehre das Verhältniß dieſer Zahlen um, und man hat eine Stufenfolge der geiſtigen Exiſtenzen und iſt ſo vergleichungsweiſe ſehr leichten Kaufs zu einem der allerwichtigſten, intereſſanteſten und folgenreichſten Sätze gelangt. Allein die in Zahlen ausgedrückte, als Fallhöhe gegebene Schwerkraft iſt ſicherlich nur ein einzelnes und wahrſcheinlich noch ziemlich untergeordnetes Moment bei dieſer Beurtheilung; die körperliche Organiſation der betreffenden Weſen, und namentlich die Schärfe ihrer Sinneswerkzeuge, die auf keine uns erkennbare Weiſe mit der Schwerkraft zuſammenhängt, iſt ein viel wichtigeres, obwohl wir auch damit noch bei Weitem nicht an's Ziel gelangen könnten. Oder will man etwa dem Schmetterling in geiſtiger Beziehung die erſte Stelle unter den Erdbewohnern einräumen, die Vögel und anderes Geflügel ihm folgen laſſen, und die übrigen Thierklaſſen, unter denen der Menſch — ich weiß nicht welchen, ſicherlich aber nicht den oberſten — Rang einnehmen würde, jenen nachſtellen? Alles zuſammengenommen, bleibt uns alſo höchſtens eine Vermuthung übrig, daß der nicht zu leugnende Einfluß materieller Zuſtände auf geiſtige Entwickelung ſich in der angegebenen Weiſe bethätigt haben werde.

Mit weit beſſerem Grunde würde man das Maaß der körperlichen Kraft, deſſen die Bewohner eines Weltkörpers bedürfen, mit dem Maaße der Schwerkraft an ſeiner Oberfläche

in Verbindung ſetzen können. Es iſt poſitiv gewiß, daß kein einziges Erdengeſchöpf Kraft genug beſitze, um auf der Sonnenoberfläche ſich in der Weiſe zu bewegen oder ſeine Gliedmaßen zu rühren, als auf unſrer Erde; denn dort ſind dieſe „Bande der Materie" 28½ mal ſtärker als bei uns. Je größer und maſſenhafter ein Weltkörper iſt, deſto kräftiger müſſen die Körper ſeiner Bewohner ſein, und unſre Herculeſſe würden, auf die Sonne oder einen andern Fixſtern verſetzt, ſich als bejammernswürdige, gliederlahme Schwächlinge produciren. Der umgekehrte Schluß wird für die kleineren Weltkörper, alſo namentlich bei den Planetoiden und den Monden, gültig ſein.

Wir gehen nun zur Betrachtung der einzelnen Planeten über.

Mercur

bietet uns wenig Wahrnehmbares. Sein blitzendes Licht und ſein tiefer Stand in der Dämmerung (in voller Nacht iſt er gar nicht zu ſehen) machen es nöthig, ihn am Tage zu beobachten. Alles, was mit einiger Beſtimmtheit auf ſeiner Oberfläche wahrgenommen iſt, verdanken wir Harding und Schröter, und es reducirt ſich dies auf einen dunklen, gegen die Lichtgrenze ſchrägen Streifen, den Harding am 18. Mai 1801 und Schröter am folgenden Tage ſah; ſo wie auf eine unregelmäßige und veränderliche Geſtalt der ſüdlichen Hornſpitze, welche die genannten Beobachter vom 25. April bis 14. Juni 1801 wiederholt wahrnahmen, und die ihnen zur Beſtimmung der Rotation gedient hat. Beide Wahrnehmungen deuten auf Verſchiedenheit des Lichtreflexes (und alſo der Bodenformation) und Unebenheiten des Niveaus. Schröter hat ſogar den Verſuch gemacht, die Höhen der Berge zu beſtimmen, welche jene Ungleichheiten an der ſüdlichen Hornſpitze veranlaßt haben, und er findet ſie in ſenkrechter Richtung 3 geographiſche Meilen. — Uns

ſcheint dieſer letztere Verſuch ein zu gewagter. Daß ein Berg, der in 15—20 Millionen Meilen Entfernung noch eine Spur ſeines Daſeins verräth, von beträchtlicher Höhe ſein müſſe, wird Jeder gern zugeben. Aber wenn von einer numeriſchen Beſtimmung die Rede iſt, ſo muß man ſich mindeſtens über die Grenzen ihrer Unſicherheit einige Rechenſchaft geben können, und dies iſt im vorliegenden Falle ganz unmöglich, da nur ganz rohe Schätzungen zu Grunde liegen, was freilich kein Vorwurf für die Beobachter ſein kann, die gethan haben, was unter den gegebenen Umſtänden irgend möglich war.

Spuren einer Atmoſphäre des Mercur hat man in dem matten Lichtabfall an der innern Grenze der Phaſe, ſo wie darin zu finden geglaubt, daß die Phaſe immer etwas kleiner erſcheint, als die Berechnung es fordert. Beides erklärt ſich am wahrſcheinlichſten durch eine lichtſchwächende atmoſphäriſche Umhüllung. Daß man bei Mercursdurchgängen nichts Ringartiges um den ſchwarzen Körper Mercurs herum bemerkt hat, iſt kein Beweis gegen ihre Exiſtenz, denn ſie müßte ganz ungemein hoch und dicht ſein um den hindurchgehenden Sonnenſtrahl auf eine für uns wahrnehmbare Weiſe modificiren zu können. Alle Beobachter, welche ſich guter Fernröhre bedienen konnten, fanden vielmehr die Begrenzung ſcharf und genau kreisförmig.

Bei einigen Beobachtern dieſer Durchgänge kommt ein mattröthlicher Punkt vor, der auf der ſchwarzen Scheibe (alſo der Nachtſeite) Mercurs geſehen worden, während die meiſten andern (unter ihnen auch der Verfaſſer) trotz angeſtrengter Aufmerkſamkeit von einem ſolchen Phänomen nichts wahrgenommen haben. In ganz ähnlicher Weiſe iſt bei derſelben totalen Sonnenfinſterniß von einigen Beobachtern ein blitzähnlicher Schimmer momentan auf der Mondſcheibe wahrgenommen worden, während Andre

das Gegentheil aufs Beſtimmteſte verſichern. Wir glauben daher annehmen zu können, daß jener Punkt und dieſer Schimmer nur ſubjective Erſcheinungen waren, die durch den Glanz der nahen Sonnenſcheibe im Auge des Beobachters angeregt wurden, und vermögen es nicht, darin die Anzeichen eines großen Brandes auf dem Mercur- und eines Nordlichts auf dem Monde zu erkennen, welches beides man darin geſucht und ſogar die Ausdehnung des Phänomens nach Meilen zu beſtimmen gewagt hat. Wir halten vielmehr, nach Allem, was in Beziehung auf dieſen Planeten erforſcht worden, ihn für einen unſrer Erde im Ganzen ganz ähnlichen Körper, umgeben von einer Atmoſphäre, und an ſeiner Oberfläche Unebenheiten zeigend. Seiner übrigen Verhältniſſe, die aus dem Stande gegen die Sonne, der Rotation u. ſ. w. folgen, iſt bereits früher gedacht worden.

Venus,

ſchon von Homer als der ſchönſte unter den Sternen des Himmels bezeichnet, ſchien wegen ihrer Nähe, bedeutenden ſcheinbaren Größe und bequemen Sichtbarkeit am meiſten zu Beobachtungen aufzufordern, die ihre Oberfläche betrafen. Auch datiren ſie ſchon aus der Mitte des ſiebzehnten Jahrhunderts, und die Zahl der Aſtronomen, welche ſich ihnen gewidmet, iſt keine geringe. Gleichwohl ſind die Erfolge weit unter der Erwartung geblieben; wir wiſſen von der Venusoberfläche weit weniger, als von der des Mars oder Jupiter. Gewöhnlich, ja faſt immer erſcheint ihre Scheibe nemlich in ganz gleichem, nur an der innern Lichtgrenze etwas matterem Lichte und in regelmäßiger Geſtalt. Nur mit der äußerſten Mühe und unter den günſtigſten, ſelten eintretenden Umſtänden haben einige Beobachter Flecke geſehen, die jedoch nie ſcharf begrenzt, ſondern höchſt verwa-

schen, von unbestimmter Gestalt und äußerst matt sich zeigten. Cassini sah sie in Italien, und bestimmte aus ihnen die Rotation; in Frankreich, wiewohl lange Jahre hindurch als königlicher Astronom mit sehr großen Fernröhren beobachtend, konnte er sie nie zu Gesicht bekommen. Bianchini sah in den Jahren 1714—16 dergleichen, die ihm aber ein von dem Cassinischen gänzlich verschiedenes Resultat gaben; später Schröter, Herschel, Flaugergues, de Vico (in Rom). Andern, wie Lamont und dem Verfasser dieses Aufsatzes, ist dies trotz aller Mühe und in sehr lichtstarken Fernröhren nie gelungen, und die oben Genannten versichern fast einstimmig, daß sie überaus schwach gewesen seien. Herschel hatte lange und fruchtlos nach ihnen gesucht, und als er sie endlich sah, wagte er nicht, irgend etwas aus ihnen zu schließen. Am glücklichsten scheinen noch die neuesten Beobachter in Rom gewesen zu sein, welcher Ort merkwürdigerweise seit fast zwei Jahrhunderten fast der einzige ist, der sich einiger positiven Erfolge in dieser Beziehung rühmen kann.

Dagegen scheint ein anderes Phänomen etwas weniger selten zu sein. Schröter zuerst, später Harding, Kunowsky, Fritzsche und der Verfasser haben wahrgenommen, daß zu der Zeit, wo Venus sichelförmig erleuchtet erscheint, theils beide Hornspitzen, theils nur eine derselben (gewöhnlich die südliche) Unregelmäßigkeiten der Bildung zeigte. Eine vollkommene, aus großer Entfernung beleuchtete und aus gleichfalls bedeutendem Abstande, aber anderer Richtung, gesehene Kugel muß nemlich von einem halben Kreise und von einer halben Ellipse begrenzt sein, welche beide Curven in den Punkten, wo sie sich berühren, die Hornspitzen bilden. Die Gestalt dieser Hornspitzen läßt sich also unter der obigen Voraussetzung, und da die Lage der Venuskugel hinreichend bekannt ist, ganz genau berech-

nen, und meiſtens, jedoch nicht immer, entſpricht auch die Beobachtung dieſer Rechnung. Die bemerkten Abweichungen beſtehen in einer abwechſelnd größern Zuſpitzung oder Abſtumpfung, in einer unregelmäßigen Krümmung nach innen, ja in einzelnen Fällen ſogar in ſternartigen, abgetrennten Punkten. Zuweilen ſind 5—10 Minuten ſchon hinreichend, um eine Veränderung in dieſer Erſcheinung hervorzubringen; auch kehren die gleichen Erſcheinungen eine kurze Zeit hindurch periodiſch wieder, und die hieraus abgeleitete Periode ſtimmt nahezu mit der zuſammen, welche man aus den Fleckenbeobachtungen erhalten hat.

Auch iſt die innere (elliptiſche) Lichtgrenze einigen Beobachtern zuweilen nicht als ſcharfe gleichmäßige Curve, ſondern mehr oder minder ausgezackt erſchienen. Daß die Begrenzung hier weniger ſcharf ſei, als am äußern Rande, fällt auch ſchon bei Fernröhren von geringerer optiſcher Kraft auf, erklärt ſich indeſſen ſchon allein durch den matten Lichtabfall.

Bemerkenswerth aber dürfte der Umſtand ſein, daß man einige Male — jedoch mit Beſtimmtheit nur in den Jahren 1756 und 1802 — den unerleuchteten Theil der Venus in einem aſchfarbenen Lichte, ähnlich dem bekannten Erdlichte auf der unerleuchteten Mondſcheibe, beobachtet hat. Da Venus keinen Mond hat, wenigſtens keinen, der eine ſolche Erleuchtung bewirken könnte (denn wenn ſchon ſein Wiederſchein uns ſichtbar ſein ſollte, um wie viel mehr müßte er ſelbſt es ſein) ſo iſt eine Erklärung dieſes Phänomens nicht leicht. Am wahrſcheinlichſten iſt hier eine Phosphorescenz anzunehmen, die in ſeltenen Momenten eine ſolche Intenſität erreicht.

Dies iſt im Weſentlichen Alles, was die Beobachtungen der Venusoberfläche uns gelehrt haben. Auch iſt wenig Ausſicht vorhanden, daß uns die Zukunft erheblich mehr

bieten dürfte. Sehr ſtarke Vergrößerungen verträgt Venus gar nicht und die größere Lichtſtärke der Fernröhre gewährt gleichfalls keine ſonderlichen Vortheile, da Venus an ſich lichtſtark genug iſt. Man wird ſich alſo wohl begnügen müſſen, zu den vorhandenen Thatſachen die wahrſcheinlichſten Erklärungen aufzuſuchen.

Venus iſt wahrſcheinlich von einer ſtarken und wenig durchſichtigen Atmoſphäre umgeben, ſo daß wir in der Regel nicht die Oberfläche des Venuskörpers ſelbſt, ſondern die ſeiner faſt permanenten Wolkendecke vor uns ſehen, die nur eine unvollkommene Durchſicht geſtattet. Es iſt ſehr mißlich, über die Conſtanz der Venusflecke ein Urtheil zu fällen; einige Wochen und vielleicht Monate hindurch ſcheinen ſie es zu ſein, ob auf längere Zeit oder gar für immer, bleibt bei ihrer ſo ſehr unbeſtimmten Geſtalt unentſchieden, und die Venuskarten, die ſchon Bianchini verſuchte, können in keiner Art eine ſichere Baſis abgeben.

Die erwähnten unregelmäßigen Krümmungen der Hornſpitze, die abgetrennten Lichtpunkte und die zackigen Lichtgrenzen erklären ſich unter allen erwähnten Phänomenen am leichteſten und ſicherſten durch die Annahme beträchtlicher gebirgiger Ungleichheiten. Beträchtlich in jedem Falle, da ſie in ſo großer Entfernung überhaupt noch ihr Daſein verrathen, aber ſchwerlich fünf deutſche Meilen hoch, wie Schröter zwar nach einer theoretiſch richtigen Methode, jedoch aus viel zu unſichern Daten berechnet hat. Es läßt ſich vielmehr darthun, daß ſie die erwähnten Erſcheinungen auch ſelbſt dann noch veranlaſſen können, wenn ſie nicht höher als die höchſten der Erde und des Mondes, alſo eine deutſche Meile hoch ſind. Daraus, daß die ſüdliche Hornſpitze die Ungleichheiten etwas deutlicher als die nördliche zeigt und daß namentlich der abgetrennte Punkt am Südhorne geſehen ward, hat man auf eine größere Höhe der

Gebirge in der ſüdlichen Venushalbkugel, allerdings nicht unwahrſcheinlich, geſchloſſen. Zu jener Zeit (gegen Ende des vorigen Jahrhunderts) galten die peruvianiſchen Anden noch für die höchſten Berge der Erde; und da nun auch das ſüdliche Mondhorn ſchon bei einer ganz rohen Betrachtung ſich viel ungleicher und zerriſſener als das nördliche darſtellt, ſo wagte man die Behauptung, daß auf den vier Weltkörpern Erde, Mond, Venus und Mercur die ſüdlichen Halbkugeln die gebirgigſten ſeien. Kein anderer planetariſcher Weltkörper bietet uns Gelegenheit, Spuren gebirgiger Ungleichheiten wahrzunehmen, und ſofort glaubte man einem allgemeinen Naturgeſetz auf die Spur gekommen zu ſein, nach welchem alle ſüdlichen Planetenhalbkugeln gebirgiger ſeien. Da wir jetzt von unſerer Erde längſt das Gegentheil wiſſen, da ferner genauere Unterſuchungen der Mondoberfläche gezeigt haben, daß der Unterſchied zwiſchen Süden und Norden dort keineswegs in ſolcher Entſchiedenheit auftritt, um beſtimmt ſagen zu können, wo die abſolut höchſten Gebirge liegen, und da wenigſtens bei Mercur die Sache doch gar zu gewagt und unſicher erſcheint, ſo iſt wohl offenbar, daß wir nicht das Recht haben, von einem ſolchen allgemeinen Naturgeſetze als einer Folgerung aus unſern Beobachtungen zu ſprechen. Gleichwohl findet man es auch noch in der neueſten Zeit hin und wieder in einer ſo kategoriſchen Weiſe erwähnt, daß man eine ſolche Unkritik nur ernſtlich rügen kann.

Allein welche Bewandtniß hat es mit dem erwähnten aſchfarbenen Lichte der Venus-Nachtſeite? Wie bereits erwähnt, iſt an ein reflectirtes Mondlicht nicht zu denken; die Erde und auch Mercur müſſen am dortigen Firmament bedeutend hell ſtrahlen, können aber unmöglich ein ſo ſtarkes Licht entwickeln, und überdieß würde alsdann das Phänomen jedesmal bei gleicher Stellung zur Erde und Mercur, nicht

aber erſt nach 46 Jahren wiederkehren. Es ſcheint alſo nichts übrig zu bleiben, als ein eigenthümliches (phosphoreſcirendes?) Leuchten der Oberfläche oder eine dem Nordlicht verwandte Erſcheinung, die in ſeltenen Fällen, durch beſondere Umſtände begünſtigt, einen ſo hohen Grad von Intenſität erreicht, daß es uns noch ſichtbar werden kann. Viele Leſer werden ſich noch des überaus ſtarken und von Liſſabon bis Irkutsk verbreiteten Nordlichts vom 7. Januar 1831 erinnern, gewiß das ſtärkſte, was die lebende Generation in mittlern Breiten geſehen hat. Es iſt gar nicht unwahrſcheinlich, daß dieſes Nordlicht ausnahmsweiſe von einem andern Planeten aus, wenn ſeine damalige Stellung gegen die Erde eine günſtige war, und mit den uns zu Gebote ſtehenden optiſchen Hülfsmitteln ſichtbar geweſen wäre. Auch der Verfaſſer bemerkte einmal (im April 1831) zwar nicht ein Leuchten der Venus-Nachtſeite, wohl aber ein Syſtem nordlichtartig fortſchießender Strahlen, die vom Rande des Planeten ausgingen und deren einige ſehr intenſiv erſchienen. Paſtorff will auch eine Photoſphäre von ſehr bedeutender Erſtreckung um Venus wahrgenommen haben, doch iſt dies Phänomen wohl nur ein optiſches geweſen. Da ich ſpäter gegen 10 Jahre lang mit dem Fernrohr beobachtete, welches früher im Beſitz Paſtorffs geweſen, ſo habe ich auch nach dieſer Photoſphäre geſucht. Es iſt mir aber nie gelungen, ſie bei Venus zu ſehen, wohl aber erblickte ich ſie einſt bei Jupiter, und zwar ſo beſtimmt, ſo gleichmäßig und in ſo vollkommen ſcharfer, kreisrunder Begrenzung, daß gerade darin mir der Beweis zu liegen ſcheint, es ſei eine bloße Objectiv-Spiegelung geweſen.

Mars.

Die Scheibe des Mars erſcheint uns zwar, ſelbſt in der größten Erdnähe, im Durchmeſſer dreimal kleiner, als

die der Venus, und dieſes Maximum erreicht er nur alle 15 Jahre einmal auf etwa einen Monat; auch iſt der Phaſenwechſel bei ihm nur unbedeutend; dennoch kennen wir ihn in phyſiſcher Beziehung ungleich beſſer, als jene, und die Erſcheinungen, die er uns bietet, ſind bei Weitem weniger räthſelhaft, als die meiſten ähnlichen an andern Planeten. Caſſini muß bereits ſeine Flecken ziemlich gut erkannt haben, da er die Rotation beiläufig eben ſo fand, wie die neueſten Beobachtungen ſie mit großer Uebereinſtimmung ergaben. Maraldi ſah bereits im Anfange des 18. Jahrhunderts die merkwürdigen weißen Flecke in den Polargegenden der Scheibe. Herſchel, Paſtorff, Kunowsky u. A. beobachteten ſowohl dieſe als andere Flecke und lieferten Zeichnungen derſelben; der Verf. dieſes Aufſatzes hat ſeit 16 Jahren den Mars, ſo oft es möglich war, aufmerkſam betrachtet. Eine überſichtliche Zuſammenſtellung der wahrgenommenen Eigenthümlichkeiten möge hier folgen.

Die Oberfläche des Mars erſcheint röthlich dunkelgelb, iſt aber oft ſo mit Flecken verſchiedener Farbe und Intenſität angefüllt, daß eine allgemeine Grundfarbe kaum noch unterſcheidbar iſt. Die beſte Begrenzung und beſtimmteſte Form zeigen die beiden glänzend weißen Polarflecke. Gewöhnlich ſieht man nur einen von beiden, auch wohl keinen; im erſtern Falle iſt einer der Pole uns abgewandt, im letzteren mögen beide genau im Rande liegen, wiewohl in ſolchen Fällen auch ſchon beide Flecke, nur freilich ſehr ſchwach, geſehen worden ſind. Die Veränderungen in der Ausdehnung dieſer Flecke ſcheinen genau mit den Mars-Jahreszeiten zuſammenzuhängen. Etwa dreißig Tage nach dem Zeitpunkte, wo die betreffende Halbkugel ihren Sommer hat, iſt der Fleck am kleinſten. (Den Pol, welcher eben ſeinen Winter hat, können wir nach der Lage der Marskugel von der Erde aus nicht ſehen.) Der nördliche Polarfleck bleibt

im Minimo größer als der südliche, scheint sich aber auch nicht so weit als dieser im Maximo auszudehnen. Nicht immer ist die Begrenzung der Flecke ganz bestimmt, was übrigens auch leicht von der verschiedenen Heiterkeit und Ruhe unsrer Atmosphäre herrühren kann. Ihr blendendes Weiß ist an heitern Abenden oft sehr auffallend. Dem Verf. begegnete es im Jahr 1837, daß während der Beobachtung plötzlich eine Wolke den Mars verdeckte. Die Scheibe selbst verschwand spurlos, der weiße Fleck aber hatte Licht genug, um noch eine Zeitlang im Fernrohr durch die Wolke gesehen zu werden, wo er wie ein isolirter Stern erschien.

Es steht also als Thatsache fest:

„daß eine glänzend weiße Masse sich bei abnehmender Jahreszeit als eine allgemeine Decke über die polaren Gegenden der Marsoberfläche verbreite und eine sehr bedeutende Ausdehnung*) erreiche, bei zunehmender Jahreszeit aber sich vermindere und bis auf einen kleinen (nur etwa 3 oder 4 Grad vom Pole aus sich erstreckenden) Raum völlig verschwinde, welches Minimum etwa 30 Tage nach dem höchsten Sonnenstande eintritt."

Die Erklärung dieser Thatsache ergiebt sich so leicht und ungezwungen, die einzelnen Wahrnehmungen stehen in so völliger Harmonie mit denen, welche unsre Erde einem entfernten Beobachter darbieten müßte, daß der Name Schneezonen, den schon frühere Astronomen diesen Flecken gegeben, vollkommen begründet erscheint und ihnen wohl für immer bleiben wird.

Mars hat also nicht blos in mathematischer, sondern auch in physischer Beziehung seine Jahreszeiten wie unsre Erde, ist wie diese von einer Atmosphäre umgeben und es

*) Nach einer 1835 gemachten Beobachtung bis gegen den 55° südl. Br. hin.

bilden ſich in derſelben Niederſchläge, ähnlich — vielleicht ſelbſt völlig gleich — denen, die wir auf unſerm Planeten erblicken.

Dies iſt nun ſchon ein bedeutender Schritt, der uns bei den weiter aufzuführenden Thatſachen zu Statten kommen wird.

Der übrige Theil der Kugel, diejenigen Striche nicht ausgenommen, welche zuweilen eine Schneedecke tragen, iſt mit ſchwärzlichen Flecken von ſehr verſchiedener Intenſität beſetzt. Die größeren Flecke wenigſtens ſcheinen der Hauptſache nach conſtant zu ſein. Sie ändern zwar bedeutend ihre Schwärze, ſo wie die Intenſität ihrer Begrenzung, aber nicht ihren Ort (mit Ausnahme natürlich der allgemeinen Axendrehung) und werden, wenn von einer Oppoſition zur andern (780 Tage) die Stellung des Mars gegen die Erde nicht etwa eine zu ſtarke Aenderung erfahren hat, gewöhnlich wieder gefunden. Unter ihnen ſcheint es auch veränderliche, aber von geringerer Ausdehnung und Schwärze, zu geben, doch iſt bei der großen Schwierigkeit ihrer Beobachtung dies nicht ſicher zu entſcheiden. Namentlich habe ich 1837 an der Nordhalbkugel eine ſchwärzliche Zone gefunden, welche die Polarzone rings herum, wiewohl ungleich breit, umgab, und von der ich 1839 nur zuweilen einen ſehr ſchwachen Reſt wieder fand. Es mögen dies diejenigen Gegenden geweſen ſein, in welchen der Schnee eben geſchmolzen und noch nicht abgetrocknet war, wogegen die bereits um 60 Tage weiter vorgerückte Jahreszeit in der Oppoſition von 1839 bereits einen abgetrockneten Boden an dieſer Stelle zeigte.

Dieſe dunkeln Flecke zeigen ſich ſtets deutlicher und beſtimmter in den Aequatorgegenden und auf derjenigen Halbkugel, die ihren Sommer hat; unbeſtimmter, blaſſer, verwaſchener dagegen in der Winterhalbkugel.

Es mögen alſo auf der Marsoberfläche Land und Waſſer, wie auf unſrer Erde, ſich in den gegebenen Raum theilen, und wolkenähnliche Verdichtungen ſich zeitweilig über dem einen wie über dem andern erzeugen. Es iſt nicht unwahrſcheinlich, daß wir mit der Zeit zu einer Marskarte gelangen werden, bei der man freilich an kein Mondkartendetail denken darf, die aber doch in den Hauptumriſſen uns ein treues und anſchauliches Bild dieſes unſrer Erde ſo nahe verwandten Nachbarplaneten geben dürfte.

Außer jenen ſchwarzen oder ſchwärzlichen Flecken wird nicht ſelten auf der Marsfläche ein mehr oder minder verbreiteter röthlicher Schimmer bemerkt. Mars erſcheint zwar, wie bekannt, dem bloßen Auge durchaus roth. Allein bei genauer Beobachtung im Fernrohr zeigt ſich der Grund eigentlich nur dunkelgelb, und die Vermiſchung dieſes Gelb mit dem Schwarzgrau und dem blendenden Weiß der Flecke mag die Empfindung des Rothen im freien Auge erregen. Nun aber ſieht man im Fernrohr dieſe oder jene Gegend im rothen Schimmer, während zu andern Zeiten keine Spur davon geſehen wird, und wir ſtehen nicht an, dieſes Roth von der Brechung der Sonnenſtrahlen in der Marsatmoſphäre herzuleiten und es mit dem Morgen- und Abendroth unſrer Erde in eine Kategorie zu ſtellen.

Auch ein bläulichter Schimmer, namentlich in den Randgegenden der Scheibe, iſt von Mehrern wahrgenommen worden, ja Einige haben geglaubt, den Mars gleichſam von zwei blauen Meniſken zu beiden Seiten der Polarflecke eingefaßt zu ſehen. Mir iſt dieſes Blau ſtets nur als ein ſehr unbeſtimmter und vereinzelt aufſtrebender Schimmer erſchienen; nie ſah ich es in den Mittelregionen der Scheibe und nur ſelten konnte ich ſeiner recht gewiß werden.

Einen wahrnehmbaren Einfluß auf Sternbedeckungen zeigt übrigens die Marsoberfläche nicht, ihre Ausdehnung in

den Weltenraum hinein dürfte also wenigstens nicht viel bedeutender sein, als die der Erdatmosphäre. Deutlich zeigt sich dagegen ihr lichtschwächender Einfluß in der bedeutenden Abschwächung derjenigen Flecke, die nicht die Mittelregion des Mars einnehmen.

Wenn wir uns in Erinnerung bringen, daß die Jahreszeiten auf Mars, wegen der bedeutenden Excentricität seiner Bahn, etwas anders als auf der Erde vertheilt sind, so daß

die Nordhalbkugel einen langen aber kühlen Sommer, und einen kurzen und milden Winter,

die Südhalbkugel dagegen einen kurzen und heißen Sommer, und einen langen und strengen Winter

empfindet, so daß z. B. die Dauer des südlichen Sommers zu der des nördlichen wie 7 : 9, dagegen die Intensität wie 29 : 20 sich verhält: so dürfte mit dieser Verschiedenheit die Wahrnehmung zu vereinigen sein, daß die Schneezone der südlichen Halbkugel weit stärkern Veränderungen unterworfen ist, als die der nördlichen.

Eine möglichst detaillirte Kenntniß der Marsoberfläche wird von den südlichen Sternwarten unsrer Erde erwartet werden müssen, da Mars in den Oppositionen, wo er der Erde am nächsten kommt, stets eine starke südliche Abweichung hat.

Die kleinen Planeten bieten für unsern nächsten Zweck so gut als nichts. Wohl könnten einige Beobachtungen Schröters angeführt werden, der zwei derselben, Ceres und Pallas, in einer Nebelhülle versteckt erblickte. Da wir aber von eben demselben Beobachter auch Durchmesser dieser Planeten besitzen, welche entschieden vielmal zu groß sind, und da spätere Beobachtungen mit guten Achromaten nichts der Art gezeigt haben, so ist es wohl am wahrscheinlichsten, diese Nebelhüllen (von resp. 101 und 146 Meilen Höhe) den

undeutlichen verwaschenen Bildern zuzuschreiben, welche Schröters Teleskope von diesen Planeten gegeben haben mögen. Dies ist wenigstens das Urtheil derer, welche mit diesen Teleskopen näher bekannt sind.

Etwas bessern Grund dürften die Wahrnehmungen haben, wonach diese Planeten und besonders Juno und Vesta einen Lichtwechsel zeigen. An einen eigentlichen Phasenwechsel, der uns noch wahrnehmbar sein könnte, ist freilich nicht zu denken, und man müßte also den Umstand, daß sie bei gleichem Abstande von Erde und Sonne dennoch bald heller, bald dunkler erscheinen, dadurch erklären, daß eine Seite derselben in weit größerem Maße als die andre mit dunkeln Flecken besetzt ist. Doch sind diese Wahrnehmungen noch viel zu spärlich und isolirt, um irgend eine Berechnung zu gestatten und etwas bestimmt Periodisches aus ihnen abzuleiten.

Jupiter.

Dieser Planet stellt sich uns unter einem beträchtlichen, nur von Venus zuweilen übertroffenen Durchmesser dar, und Beobachtungen seiner Oberfläche sind ziemlich leicht anzustellen. Auf keinem Planeten treten die Flecke in so bestimmter Form und in so scharfer Begrenzung auf, als bei diesem schönen Gestirn. Seine Grundfarbe ist hellgelb, und auf diesem gleichmäßigen Grunde ziehen zunächst große, dem Aequator des Planeten fast parallele Streifen hin, die eine schwärzliche, zuweilen auch ins Braune spielende Farbe zeigen. Sie sind nicht constant, obgleich sie nie gänzlich fehlen; am gewöhnlichsten sieht man zwei solche Streifen, die sich um die ganze Kugel herum erstrecken. Schon bei 30—40 maliger Vergrößerung eines guten Fernrohrs kann man sie wahrnehmen; deutlicher freilich in stärkern Vergrößerungen, die man bei Jupiter viel weiter treiben kann,

als bei Venus. Neben diesen Hauptstreifen, welche die Mittelgegend der Kugel einnehmen, zeigen sich nun näher den Polen zu auf beiden Halbkugeln kleinere, jedoch beträchtlich blasser, auch oft nicht rings herum ziehend, sondern unbestimmt verlaufend, stets aber den Hauptstreifen so nahe parallel, daß eine Abweichung schwer bemerkbar wird. Ihre Anzahl ist unbestimmt, da sie wie die Hauptstreifen veränderlich sind und sich überdieß in den polaren Gegenden Jupiters in eine allgemeine Schattirung verlieren, die zwar noch immer ein streifenartiges Ansehen hat, in der sich jedoch einzelne Streifen nicht mehr unterscheiden lassen. In einer Beobachtung bei 300maliger Vergrößerung vermochte ich 14 Streifen zu unterscheiden; ein anderes Mal 9. Eine Untersuchung über die Lage gegen den Aequator bei einem dieser Streifen der eine ungewöhnlich scharfe, geradlinige Kante zeigte, ergab 52′ Neigung gegen letztern, und diese Größe mag wohl nur selten überstiegen werden.

Die einzelnen Streifen sind nicht rings herum gleich breit; auch sind ihre Ränder selten geradlinig, sondern zeigen uns zahlreiche Buchten, Vorsprünge und Ausläufer; nie jedoch gewahrt man, daß ein Streifen den andern durchsetze. Auch die Intensität ist häufig in den verschiedenen Theilen verschieden. Es zeigen sich zuweilen lichte Spalten, häufiger aber noch knotenartige Verdichtungen, die sich bisweilen bei sehr starken Vergrößerungen in eine Menge kleiner schwarzer Punkte auflösen lassen. Oft hat der ganze Grund des Streifens ein wolkenähnliches, gleichsam marmorirtes Ansehen.

Wir bezeichneten diese Streifen als veränderlich; es ist indeß zu bemerken, daß diese Veränderungen ziemlich langsam vor sich gehen. Man kann häufig einen ganzen Monat hindurch nichts von Veränderungen wahrnehmen. Zu Cassini's und Maraldi's Zeiten soll ein großer Fleck gegen funfzig Jahre lang sichtbar gewesen sein. Ihren Ort

verändern dieſe Flecke entweder gar nicht oder doch ſehr langſam.

Zuweilen löſt ein Streifen ſich allmälig auf, indem er fortwährend bleicher und endlich nicht mehr geſehen wird. Enthält er knotenartige Theile, ſo bleiben dieſe gewöhnlich noch lange nachher ſtehen. Oder eine anfänglich ſchmale und kaum wahrnehmbare Spalte erweitert und verlängert ſich gleichzeitig, ſo daß ſie endlich rings herum geht und aus einem Streifen zwei macht.*) Mit einer Zunahme der Schwärze bei einem Streifen iſt gewöhnlich auch eine Zunahme der Breite verbunden.

Der Raum zwiſchen beiden Hauptſtreifen iſt ſtets von geringer Breite, etwa 2 bis 3 Grade der Jupiterskugel (320 bis 480 Meilen), ſie ſelbſt gewöhnlich beträchtlich breiter. Die kleinern Streifen ſind äußerſt ſchmal und verlieren ſich in eine feine Schraffirung. Man findet häufig bei bildlichen Darſtellungen des Planetenſyſtems auch Abbildungen des Jupiter, die faſt alle darin fehlerhaft ſind, daß ſie dieſe kleinern und ſchwächern Streifen, die ſich in der Wirklichkeit ſtets ſehr beſtimmt von den großen Hauptſtreifen unterſcheiden, viel zu ſtark angeben. Ueberhaupt nehmen aſtronomiſche Zeichnungen, wenn ſie getreu ſein ſollen, die Kunſt des Lithographen in keinen geringen Anſpruch, und wir haben z. B. von den großen Nebelflecken erſt in ganz neueſter Zeit Abbildungen erhalten, die einigermaßen den Kenner zu befriedigen im Stande ſind.

Man gewahrt ſehr deutlich, daß die Streifen gegen den Rand des Jupiter hin bleich abfallen, ja für unſern Anblick den äußerſten Rand gar nicht erreichen. Ein Gleiches

*) In einem von mir beobachteten Falle dieſer Art verfloſſen acht Erdentage von der erſten Wahrnehmung einer Spalte bis zur vollſtändigen Theilung in zwei Streifen.

gilt von den Flecken, die sich zuweilen in diesen Streifen bilden, sie rücken höchstens 55° bis 60° über die Mitte hinaus und verschwinden dann für unser Auge; und bei ihrer Wiederkehr am entgegengesetzten Rande verhält es sich in ähnlicher Weise. Die Erklärung liegt nahe: die starke Atmosphäre Jupiters schwächt bei ihm, mehr noch als bei Mars, die Bilder aller Oberflächentheile, zu welchen unsre Gesichtslinie nicht ganz oder doch beinahe rechtwinklicht durch sie hindurchgeht. Daß diese Erklärung die richtige sei, wird auch dadurch unterstützt, daß jene Abschwächung sich nicht auf die Schatten der Trabanten erstreckt, wenn diese bei Finsternissen auf den Jupiter fallen. Diese zeigen sich vielmehr auf allen Punkten ihres Weges über die Scheibe von gleicher und zwar sehr tiefer Schwärze, wodurch zugleich der Beweis geführt werden kann, daß Jupiter kein eignes Licht habe, oder doch nur in so geringem Maße, daß es uns nicht wahrnehmbar werden kann, daß er dagegen weit weniger Sonnenlicht absorbire als der Mars, der der Rechnung nach, wenn man bei beiden Planeten das Absorptionsverhältniß gleich setzen wollte, häufig eben so hell und zuweilen selbst heller als Jupiter glänzen müßte. Damit hängt auch wohl zusammen, daß die Grundfarbe des Jupiter der des Sonnenlichtes viel näher steht, als die Grundfarbe des Mars.

Eine Erscheinung wie an den Polen des Mars läßt sich an denen des Jupiter nicht wahrnehmen; und überhaupt dürfen wir auch schon aus manchen andern Gründen eine solche Aehnlichkeit, wie etwa zwischen Erde und Mars, bei Jupiter nicht annehmen. Seine Dichtigkeit ist nur $^1/_4$ der Erddichtigkeit und zugleich die Abnahme derselben vom Mittelpunkt nach außen hin sehr bedeutend, so daß die Dichtigkeit der Oberfläche die unsers Wassers nicht erreichen kann

und wohl noch bedeutend unter derselben steht.*) Es giebt also dort keine Oceane oder größere Ansammlungen des Flüssigen, oder dieses letztere müßte von ganz anderer Natur und namentlich viel leichter sein, als unser Wasser, denn für das letztere kann ein Gleichgewicht auf dem Jupiter eben so wenig bestehen, als es auf unsrer Erde für ein Quecksilbermeer bestehen könnte. Wenn also auch Niederschläge in Jupiters dichter Atmosphäre stattfinden sollten, so muß doch der Stoff derselben ein wesentlich andrer als bei uns sein, und so dürfen wir uns nicht wundern, wenn dort keine Schneezonen zu sehen sind.

Dazu kommt der geringe und langsame Jahreszeitenwechsel auf Jupiter. Astronomisch berechnet ist er dort siebenmal schwächer, als bei uns, und nahezu zwölfmal langsamer. Der Unterschied zwischen Anfang und Ende unsers Septembers ist hiernach noch erheblich größer, als der ganze Jahreszeitenunterschied auf Jupiter, und eben so unerheblich sind die Differenzen der Tageslängen, die dort in Gegenden, wo es auf unsrer Erde schon 24stündige Tage und Nächte giebt, sich auf höchstens eine Viertelstunde reduciren.

Wenn also auch zugegeben werden kann, daß die Jupitersstreifen etwas unsern Wolken Analoges sind, so wird man doch auch sehr bedeutende Verschiedenheiten zwischen beiden zugeben müssen. Sie sind bei Weitem weniger ver-

*) Jupiters Abplattung müßte nahezu doppelt so groß sein, als wir sie beobachten, wenn die Kugel homogen, d. h. überall gleich dicht sein sollte. Bei der Erde verhalten sich beide Abplattungen, die hypothetische und die wirkliche, nur wie 30 : 23. Folglich wird man für Jupiters Oberfläche weniger als 1/4 derjenigen Dichtigkeit setzen müssen, welche die Oberflächentheile des festen Erdkörpers zeigen, und die etwa 2,7 beträgt. Nimmt man beispielsweise 1/5, so wird an Jupiters Oberfläche die Dichtigkeit nur die Hälfte der unsers Wassers betragen.

änderlich, denn nie bleibt auf unsrer Erde Monate und selbst Jahre hindurch dieselbe Wolke stehen. Sie sind ferner rücksichtlich ihrer Streichung an eine und dieselbe sich stets parallele Richtung gebunden, während unsre Wolken allen Richtungen und oft sogar gleichzeitig sehr verschiedenen folgen. Sie sind ferner in den Aequatorgegenden ohne allen Vergleich extensiv und intensiv stärker als in den übrigen Regionen, was gleichfalls auf unsrer Erde ganz anders ist.

Zwar möchte sich in den tropischen Regen, welche auf unsrer Erde an feste Jahreszeiten gebunden sind, ein Anhaltspunkt für Vergleichungen bieten. Es ist gewiß, daß der Contrast dieser wolkenumhüllten Zonen gegen die ganz oder größtentheils wolkenfreien, welche jene nördlich und südlich begrenzen, ein für den Anblick aus Planetenfernen sichtbares Phänomen darbieten kann, ähnlich dem der Jupitersstreifen. Allein diese tropischen Regen, so wie die Regen überhaupt, würden sich schwerlich gedenken lassen, ohne einen Wasserocean, und ein solcher fehlt dem Jupiter, wie wir gesehen haben, wenn wir nicht annehmen wollen, daß er eine specifisch leichtere Flüssigkeit enthalte.

Wir können hier nicht unbemerkt lassen, daß sowohl das Sonnenlicht, als auch insbesondere die Sonnenwärme für Jupiter und die entferntern Planeten unmöglich die Bedeutung haben kann, wie für unsre Erde. Mögen immerhin die Bestandtheile der Jupitersoberfläche einen höhern Grad von Empfänglichkeit für die Sonnenwärme besitzen, so wird dennoch eine 27 mal schwächere Insolation, die überdieß statt 12 Stunden nicht ganz 5 hindurch wirken kann, unter keinen Umständen etwas erzeugen können, ähnlich dem, was unsre Erde bietet. Entweder also ist Licht und Wärme dort nur in einem sehr geringen Grade Bedürfniß, oder in dem eigenthümlichen Leben des Planeten ist ein Ersatz dafür ge-

boten und jene Körper ſind demnach der Sonne wenig oder gar nicht bedürftig. Alsdann aber bleibt uns nur geringe Ausſicht, eine ins Einzeln gehende Vergleichung mit unſrer Erde erfolgreich durchführen zu können.

Jupiters Monde ſind uns ſehr wenig nach ihren phyſiſchen Eigenthümlichkeiten bekannt. Aus der verſchiedenen Stufenfolge ihres Glanzes bei verſchiedener Stellung gegen den Hauptplaneten hat man mit gutem Grunde gefolgert, daß ſie eben ſo wie unſer Mond ihrem Hauptplaneten ſtets dieſelbe Seite zuwenden und nur etwa eine Libration zeigen, die aber wegen der faſt genauen Kreisform ihrer Bahnen und der geringen Störungen, welche ſie erfahren, viel unbedeutender ſein muß, als bei unſerm Trabanten, wenigſtens was die Schwankung in Länge betrifft. Ihre Aequatoren kennen wir nicht, dürfen aber vorausſetzen, daß ſie vom Jupitersäquator nur wenig abweichen werden, da alle übrigen, dieſen Planeten und ſein Syſtem betreffenden Bewegungs-Ebenen einander ſo äußerſt nahe fallen. Es wird alſo auch die Schwankung in Breite ſehr gering ſein, und man wird vom Jupiter aus ſtets dieſelben Mondſeiten, und von den Monden aus Jupiter ſtets an derſelben Stelle des Firmaments erblicken.

Die Farbe der Jupitersmonde iſt zwar bei den drei erſten der des Jupiter ſelbſt ſehr ähnlich, beim vierten jedoch merklich verſchieden, nemlich graugelblich. Der erſte iſt offenbar der weißeſte von allen; der dritte und gewöhnlich der hellſte iſt es wohl nur deshalb, weil er an Größe die andern übertrifft, denn wenn er vor Jupiters Scheibe vorübergeht, ſo iſt er ſchwerer zu erkennen als der erſte. Da die Dichtigkeit der ſämmtlichen Monde der des Jupiter nahe gleich iſt (wenigſtens gewiß nicht ſo ſtark verſchieden als die der Erde und ihres Mondes) ſo dürfte auch ihre ſonſtige Naturbeſchaffenheit der des Hauptplaneten nahe kommen.

Eignes Licht haben übrigens dieſe Trabanten ſo wenig als Jupiter ſelbſt. Wäre es nur in einigermaßen merklicher Intenſität vorhanden, ſo würden uns die Trabanten bei Finſterniſſen weder ſo plötzlich, noch überhaupt gänzlich verſchwinden.

Saturn,

durch Reichthum und Mannichfaltigkeit ſeines Syſtems der merkwürdigſte Planet, obgleich er dem Jupiter an Größe etwas, an Maſſe ſogar beträchtlich nachſteht. Er erſcheint in einem röthlichgelben Lichte und beträchtlich trüber, als Jupiter. Statt des Syſtems veränderlicher Streifen auf Jupiter zeigt Saturn meiſtens nur einen und zwar conſtanten grauen Streifen, der ſich in der Richtung des Aequators, und dieſem überhaupt ſehr nahe, um die Kugel rings herum zieht. Er iſt nur ſchmal und ziemlich verwaſchen; Ungleichheiten aber darin zu erkennen, iſt bis jetzt nur Herſchel I. gelungen, der auch mehrere Streifen geſehen hat, übrigens die Rotation nur mit geringer Sicherheit daraus abzuleiten vermochte. Der gewöhnlich ſichtbare Streifen liegt ſo, daß der Ring, wenn er ſich in ſeiner Ebene bis zum Saturnskörper ausdehnte, ihn faſt genau treffen würde.

Die Ringe Saturns beſtehen aus dem breiten inneren und einer noch nicht beſtimmten Zahl äußerer ſehr ſchmaler, die auch zugleich etwas weniger hell als der innere erſcheinen. Auf Saturns Scheibe iſt das Ringſyſtem leicht ſichtbar durch den Schatten, den es auf ihn wirft, und durch die hellere Farbe des innern Ringes. Nur an der innerſten Kante dieſes innern Ringes zieht ſich gleichfalls eine graue Schattirung rings herum und erſchwert beträchtlich die genaue Meſſung der Ringbreite, ſo wie ſeines Abſtandes vom Hauptplaneten. Die Farbe dieſer grauen Schattirung iſt auffallend ähnlich mit der des grauen Streifens auf Saturn.

Es sei mir erlaubt, hier einen Erklärungsversuch zu geben. Wenn gleich die geringe Dichtigkeit des Saturn es unmöglich macht, daß unser Wasser in irgend beträchtlicher Quantität auf seiner Oberfläche sich befinde, so hindert dies doch nicht, das Dasein einer verwandten und den allgemeinen hydrostatischen Gesetzen unterworfenen Flüssigkeit dort anzunehmen. Nun wird nothwendig Saturn auf seinen Ring, und dieser wiederum auf ihn, eine sehr starke Anziehung ausüben müssen, und zwar wird diese gegenseitige Anziehung ihr beständiges Maximum in der Aequatorzone Saturns und an der innersten Kante des Ringsystems haben. Diese beiden Stellen müssen also eine permanente Fluth zeigen, und zwar eine Fluth, viele tausend Mal stärker als die, welche der Mond auf unsrer Erde erzeugt. Ein gewaltiger Wellenring also wird diese beiden Zonen rings umfassen, und leicht ist es denkbar, daß dieser Wellenring die gesammte Masse der Flüssigkeit in sich vereinigt, und die übrigen Theile der Kugel wie des Ringes davon entblößt; wenigstens so, daß alle Flüsse der Kugel ihre Richtung gegen diese große Aequatorfluth, und alle auf dem innern Ringe befindlichen sie gegen die innere Kante nehmen. — Die übrigen Ringe sind zu schmal und zu weit vom Saturn entfernt, als daß die Differenz der Anziehung auf ihre einzelnen Kanten sich so merklich machen könnte, und überdieß von der Erde aus nur sehr mühsam zu beobachten. Doch kann man deutlich wahrnehmen, daß die innere Kante des zweiten Ringes — vom Saturn aus gezählt — weit weniger scharf begrenzt erscheint als die äußere des ersten.

Die physische Existenz auf den Ringen muß überhaupt eine sehr eigenthümliche sein. Ueber die höchst sonderbaren Tag- und Nachtwechsel auf ihnen ist schon im Vorigen gehandelt; wir fügen noch hinzu, daß in Folge der Anziehung

der Saturnskugel der Fall der Körper dort eine ſchräge Richtung annehmen muß, ſo daß die (phyſiſch) ſenkrechte Richtung nicht normal auf den Horizont ſteht. Die Bewegung ſaturnabwärts muß bei Weitem mehr Kraftanſtrengung erfordern, als die entgegengeſetzte. Allgemein betrachtet, ſind übrigens ſowohl auf Saturn als auf ſeinen Ringen alle Bewegungen viel leichter, als auf unſrer Erde, und ein Vogel, der es hier nur zum Flattern bringt, würde dort im raſchen Fluge ſich bewegen können.

Von den Monden Saturns iſt hier wenig zu ſagen. Was können wir an Lichtpünktchen, die nur ſchwer und mühſam geſehen werden, Eigenthümliches wahrnehmen? Nur der ſechste (älteſte) läßt uns etwas Scheibenförmiges ahnen, nicht aber mit Gewißheit wahrnehmen; auch iſt es in einigen ſeltenen Fällen gelungen, ſeine Finſterniſſe zu beobachten, und dieſe allein könnten uns mit der Zeit auf einige muthmaßliche Schlüſſe über ſeine Naturbeſchaffenheit leiten. Der ſiebente und äußerſte (der aber dem ſechsten an Helligkeit bedeutend nachſteht) muß ſehr große Ungleichheiten ſeiner Oberfläche in Beziehung auf Lichtreflex zeigen, da er in gewiſſen Stellungen gegen Saturn uns ganz verſchwindet. Man muß hieraus zugleich ſchließen, daß er ſeinem Hauptplaneten ſtets dieſelbe Seite zukehre, und wenn die Anziehung Saturns bei dieſem entfernteſten ſeiner Begleiter ſtark genug war, um eine eigentliche Rotation zu verhindern, ſo wird dies um ſo mehr für die näher ſtehenden Monde zugegeben werden müſſen. Man kann alſo dieſe permanente Richtung einer beſtimmten Hemiſphäre gegen den Hauptplaneten als ein Naturgeſetz für die Nebenplaneten unſers Sonnenſyſtems annehmen.

Saturn ſchwebt nicht ganz concentriſch in ſeinem Ringe. Ein vollkommenes Zuſammenfallen der Mittelpunkte Saturns und der Ringe iſt auch ſchon a priori nicht anzunehmen, da ſonſt das Gleichgewicht des Ringſyſtems ein zu

precäres ſein würde. Doch iſt dieſe Excentricität jedenfalls ſehr klein. Eben ſo kommen in den Ringen offenbar Verbiegungen vor, und auch ihre mittleren Ebenen fallen nicht für alle einzelnen Ringe zuſammen.

An den Marken der uns bekannten Planetenwelt endlich ſchwebt Uranus, der erſt im Jahr 1865 wieder da ſtehen wird, wo Herſchel I. ihn entdeckte. Den Erdbewohnern kommt er nur aus ſo großer Entfernung zu Geſicht, daß es bis jetzt noch nicht gelungen iſt, Flecke oder ſonſtige Eigenthümlichkeiten auf ſeiner Oberfläche wahrzunehmen. Eine farbloſe, trübe Scheibe von beträchtlich geringerm Durchmeſſer als — die 4 kleinen Planeten ausgenommen — alle übrigen Hauptkörper des Sonnenſyſtems, unberingt — denn was Herſchel anfangs von Ringen zu erblicken glaubte, hat ſich ihm nicht beſtätigt — von mehreren, der Zahl nach nicht beſtimmbaren Monden begleitet, die nur in den rieſigſten Fernröhren noch blickweiſe ſich darſtellen. So iſt uns jedes nähere Eingehen in ſeinen innern Bau verwehrt. Vermuthen kann man für ihn ähnliche Verhältniſſe, wie für Jupiter und Saturn, zumal die neueſten Beobachtungen auch eine Abplattung ergaben, die mindeſtens eben ſo ſtark iſt, als bei dieſen Planeten.

Es iſt nicht wohl denkbar, daß auf dieſen entfernteſten Körpern des Syſtems die Temperatur noch von der Sonne abhänge. Wenigſtens bietet uns die Erde keine einzige Subſtanz, die, von dem 400ſten Theil des Sonnenlichts getroffen, noch eine dem Gefühl irgend merkbare Temperaturerhöhung zeigte. Hiernach iſt denn auch die excentriſche Axenſtellung des Uranus, über welche bereits oben geſprochen worden, und die für die Wärmedifferenzen auf unſrer Erde ſo ſehr entſcheidend ſein würde, für Uranus gleichgültig und wirkungslos. Entweder bedürfen die Körper dieſes Sy-

ſtems einer ſolchen Temperatur nicht, wie ſie die Organismen der Erde zu ihrer Exiſtenz bedingen, — oder der Körper beſitzt dieſe Wärme eigenthümlich, wie einſt unzweifelhaft die Erde ſie beſeſſen hat und in ihrem Innern auch noch beſitzt. An unſer Waſſer iſt bei ihm eben ſo wenig als bei Saturn zu denken, er iſt viel zu undicht, um damit angefüllte Oceane im Gleichgewicht zu erhalten.

Faſſen wir Alles, was über die phyſikaliſche Beſchaffenheit der Planeten geſagt iſt, zuſammen, ſo muß man ſich allerdings geſtehen, daß unſre Kenntniß derſelben eine dürftige iſt. Auch wird ſie wohl ſtets dieſen untergeordneten Charakter behalten und ſich weder an Sicherheit, noch an Reichthum der Thatſachen und Conſequenzen mit den übrigen eigentlich wiſſenſchaftlichen Zweigen der Aſtronomie meſſen können. Mit Recht hat man daher dieſe letzteren ſtets als die Hauptſache behandeln zu müſſen geglaubt, und die Enthüllung des auch hier noch Verborgenen darf von der Zukunft gehofft werden. An der Hand der Mathematik werden wir im Stande ſein, auch in die Phyſik des Weltſyſtems immer tiefer einzudringen; doch wo dieſe uns verläßt und verlaſſen muß, da hört auch unſer eigentliches Wiſſen auf, und es beginnt das Reich der Vermuthungen.

XV.

Die Kometen.

Von Zeit zu Zeit, doch gewöhnlich erst in Zwischenräumen von einigen Decennien, steigt am Horizont einer jener räthselhaften Körper mit einem solchen Glanze empor, daß er unwillkührlich die Blicke aller Erdbewohner, mögen sie sonst auch noch so wenig sich um das kümmern, was über dem Monde vorgeht, auf sich zieht. In den letzten hundert Jahren ereignete sich dies viermal, und jedesmal unerwartet: **1744, 1769, 1811** und **1843**. Daneben mögen etwa noch funfzehn andere aufgeführt werden können, die weniger augenfällig, doch aber noch ohne Bewaffnung des Auges gut erkennbar waren, so wie eine weit größere Anzahl blos teleskopischer. Die Erscheinungen der ersten seltensten Art ermangeln sodann nicht, die Gemüther der Menge in Bewegung zu setzen, und alte Befürchtungen, die man schon abgethan zu haben glaubte, treten wieder auf, wenn gleich in ein neues Gewand gehüllt. Schriftsteller speculiren auf diese Bewegung, und leider nach den bisherigen Erfahrungen meist solche, die, aller Wissenschaft baar und ledig, nur noch größere Verwirrung anzurichten geeignet sind. Kein Wunder daher, wenn die, welche Besseres leisten könnten, eine billige Scheu tragen, mit jenem markschreierischen Haufen vermischt zu werden, zumal sich ihnen die niederschlagende Bemerkung aufdringen muß, wie wenig Terrain selbst die evidenteste und am populärsten gehaltene Belehrung über eingewurzelte Vorurtheile zu erringen vermag. Wenn einer der periodischen Kometen Betrachtungen über die Erdbewohner anstellte in der Weise des alten Liedes:

„Und abermal nach fünfhundert Jahren
„Kam ich desselbigen Weges gefahren."

ſo würde er äußerlich zwar Manches verändert, in Bezug auf das Reich der Meinungen, Muthmaßungen und Irrthümer aber ſo ziemlich denſelben Zuſtand wiederfinden.

Doch unſer Geſchlecht ſcheint dazu beſtimmt, in Rückſicht der meiſten und wichtigſten Fragen immer erſt auf langen Umwegen zum Ziele zu kommen, und da die Weltgeſchichte ja in ſo vielen ihrer Capitel eigentlich nichts Anderes iſt, als eine Geſchichte der menſchlichen Irrthümer, ſo dürfte es auch nicht ohne Intereſſe ſein, die allmälige Geſtaltung und Entwickelung der Hypotheſen zu verfolgen, die ſeit den älteſten Zeiten die Gemüther in Bewegung und häufig in quälende Unruhe verſetzt haben. Vielleicht ergeben ſich doch auch einige tröſtliche Bemerkungen, namentlich wenn wir ſehen, wie es allmälig dahin kam, daß trotz der allgemeinen Verbreitung des Wahnes doch der Forſcher es wagen konnte, Wahrheit zu ſuchen und Wahrheit zu verbreiten, ohne ſeine Ruhe zu opfern und ſeine Exiſtenz in Frage zu ſtellen. Möge es bald dahin kommen, daß auch von anderen als naturhiſtoriſchen Wahrheiten Aehnliches allgemein geſagt werden könne!

Den älteſten Zeiten war der geſtirnte Himmel nichts weiter als eine Zugabe unſeres eigenen Wohnortes. Sonne und Mond bewegten ſich in den höheren Luftkreiſen wie die Wolken in den niederen, nur etwas regelmäßiger; der Sprachgebrauch unterſchied noch nicht zwiſchen Erde und Welt, und ſo iſt es nicht zu verwundern, daß auch die Kometen für nichts weiter als Meteore galten. Doch auch viel ſpätere Jahrhunderte, Zeiten, in denen das Firmament nicht mehr mit einem „dazu auch Sterne" abgefunden wurde, hat man beide doch ſo weſentlich verſchiedene Erſcheinungen nur zu häufig mit einander verwechſelt. Wenigſtens müſſen wir, wenn einmal der ganze Himmel an allen Orten gleichzeitig von Kometen wimmelt, ein anderes Mal ein Komet nur

¾ Stunden lang gesehen wird (1572), ein drittes Mal eine einzelne Stadt, mit ausdrücklicher Ausschließung der übrigen, das Phänomen wahrnimmt, an Meteore oder dem Aehnliches denken. Auch noch eine andere Verwechselung liegt nahe. Die Chronisten, selbst die besseren und gründlicheren, führen doch eine Himmelsbegebenheit häufig unter der Bezeichnung „neuer Stern" auf. Wenn nun nichts weiter, weder über seine Gestalt, noch über seinen Lauf hinzugefügt wird, was soll die Gegenwart daraus machen? Es kann ein Phänomen, wie das von Tycho 1572 oder Herschel 1836 beobachtete, es kann aber auch ein Komet gewesen sein.

Die großen Fortschritte, die wir dem ptolemäischen und augusteischen Zeitalter verdanken, und an denen die Astronomie einen so bedeutenden Antheil hatte, ließen die Kometenkunde fast unberührt. Hipparch und Ptolemäus sprechen gar nicht von ihnen; sie müssen es also verschmäht haben, sich damit zu beschäftigen, denn daß zu ihrer Zeit keine erschienen seien, kann nicht angenommen werden. Wir können dies wohl nur bedauern, denn Alexandria's Museum war im Alterthum der einzige Ort, von wo aus relativ genaue Ortsbestimmungen der Gestirne geliefert werden konnten und auch für alle übrigen in reichem Maße geliefert worden sind. Doch lassen wir die nutzlosen Klagen über frühere und allerdings unersetzliche Versäumnisse, und bestreben wir uns, einen gleichen Vorwurf Seitens unserer Nachkommen nicht auf uns fallen zu lassen.

Je weniger die Wissenschaft nun von diesen Körpern Notiz nahm und zu sagen wußte, desto größeren Spielraum fand die Phantasie, und die allerdings oft sonderbaren Gestalten der Planeten wurden noch ungleich monströser durch die von ihnen gegebenen Schilderungen. Plinius (hist. nat. 22—25) unterscheidet zwölf Arten von Kometen und beschreibt sie in folgender Art:

1) Eigentliche Kometen: sie erstrecken ihren Schweif nach oben und sind blutfarbig.
2) Bartförmige (Pogonias), deren Schweif nach unten sich erstreckt; im Uebrigen den vorigen ähnlich.
3) Wurfspießartige (Acontias), lang und spitz; ihrem Erscheinen folgt die Wirkung auf dem Fuße nach.
4) Degenförmige (Xiphias), von bleichem, trübem Ansehen; nicht so weit als Nr. 3 sich forterstreckend.
5) Scheibenförmige (Disceus), gelblich von Farbe; von seinen Rändern gehen einige kurze Strahlen aus.
6) Tonnenförmige (Pitheus), stumpf an beiden Enden; einer kurzen Säule ähnlich.
7) Gehörnte (Ceratias), mit gebogenem Schweif.
8) Flammenförmige (Lampadias), mit wellenförmig gekrümmtem Schweif.
9) Mähnenförmige (Hippeus), deren Schweif der Mähne eines Pferdes gleicht, der sich in einer heftigen, drohenden Bewegung befindet.
10) Mähnenförmige von glänzend weißer Farbe; sie strahlen so hell, daß man sie kaum anhaltend betrachten kann; „das Bild eines Gottes in menschlicher Gestalt" (?).
11) Stachlichte (Hirtus), wie der Körper eines Thieres mit Borsten besetzt und von einem Nebellicht umgeben.
12) Lanzenförmige Kometen.

Noch führt er als besondere Gattungen die Flammen und die Balken auf. Die Beschreibung der Balken kommt mit der sechsten obiger Klassen ziemlich überein; bei den Flammen unterscheidet Plinius solche, wo nur das eine Ende flammt, und solche, wo der ganze Streifen entzündet ist.

Namentlich aus dem letzten Beispiele wird klar, daß hier Beschreibung und Erklärungsversuch untereinander vor-

kommen: ein logiſcher Verſtoß, der uns bei dieſem Schriftſteller öfter begegnet. Auch ſind die zwölf Klaſſen des Plinius offenbar zu viel und zu wenig, da kaum ein einziger Komet ganz dem andern gleicht, und es ſchwer halten würde, viele der neueren Kometen in eine dieſer Kategorien zu bringen, während es z. B. für eine Klaſſeneintheilung als ganz unweſentlich betrachtet werden muß, ob der Schweif nach oben oder nach unten ſteht.

Die römiſchen Geſchichtſchreiber bis auf Cäſar erwähnen der Kometen nirgends; doch mögen die bei Livius u. A. vorkommenden Flammen, glänzenden Streifen u. dgl. mitunter auch einem Kometen angehören. — Die wahrhaft unbegreifliche Leichtgläubigkeit und Sorgloſigkeit der Kometographen des ſechszehnten und ſiebzehnten Jahrhunderts aber griff nach Allem, was auch nur die entfernteſte Möglichkeit zu bieten ſchien, nur um die Verzeichniſſe zu füllen und mit Wundern zu prunken, hauptſächlich aber, um ja keine Calamität, groß oder klein, wirklich oder eingebildet, ſtehen zu laſſen ohne einen Kometen, dem das Unglück zugeſchoben werden konnte. Methuſelem's Tod, die Sündfluth, Sodoms Untergang, die Plagen der Egypter, die Wegführung in's Exil u. dgl. wurden mit Kometen ausſtaffirt, trotzdem, daß auch nicht ein einziger der alten Hiſtoriker das Geringſte davon weiß. Der Stern der Weiſen, der über dem Hauſe in Bethlehem ſtill ſtand, war ein Komet, und zwar wie leicht zu erachten, der größte und prachtvollſte von allen. In dieſem Wuſte aufzuräumen und das Wahre oder doch Wahrſcheinliche für die Wiſſenſchaft zu retten, wäre gewiß verdienſtlich; einen Anfang dazu haben Pingré und Andere gemacht.

Das leidige Beſtreben, alle Weisheit der Jetztwelt und womöglich noch weit mehr bei den Alten, vielleicht bei einem gänzlich untergegangenen Urvolke aufzufinden, hat in der

Geſchichte aller Wiſſenſchaften viel Verwirrung angerichtet. Namentlich hat man bei den Kometen eine Stelle im Diodor angezogen und daraus zu beweiſen geſucht, daß die Chaldäer die Kometenerſcheinungen vorhergeſagt hätten. Aber einmal iſt es ſchon mißlich, einem Schriftſteller, der ſo wenig Kenntniß der Naturwiſſenſchaften verräth, zumal wenn er von längſt vergangenen Zeiten ſpricht, vollen Glauben beizumeſſen. Er ſagt: die Chaldäer verkündigen die Erſcheinung der Kometen. Verkündigen iſt nicht nothwendig Vorherſagen; doch liegt dieſe Deutung hier allerdings nahe und der Zuſammenhang der Stelle ſcheint auf ſie zu führen. Aber in demſelben Satze erzählt Diodor weiter, daß ſie auch die Lebensſchickſale der Menſchen, die Erdbeben, ja alle Naturereigniſſe aus den Sternen vorherſagten, wobei er offenbar ſich eine Aſtrologie denkt. In einem ſpäteren Abſchnitte ſeines Werkes widerſpricht er ſich geradezu: „Einige Phyſiker behaupten, daß die Chaldäer und andere Aſtrologen unfehlbare Vorherſagungen der Himmelserſcheinungen machen, und daß ſie, ſtatt über die Erſcheinungen der Kometen ſich zu verwundern, vielmehr darüber erſtaunt waren, daß ſie nach Ablauf einer regelmäßigen Periode nicht wiederkehrten.“ Wie reimt ſich dieſes Erſtaunen mit jener Vorherſagung, und wie reimt ſich Beides mit einer richtigen Kometentheorie? Wäre uns auch nur ein einziger beſtimmter Komet aufbewahrt, den die Chaldäer vorhergeſagt und der dieſer Vorherſagung zufolge eingetroffen wäre, ſo würde ſich weit beſſer über die Sache urtheilen laſſen.

Von den alten Egyptern ſagt Diodor Aehnliches, und unter den mancherlei Dingen, die ſie vorausgeſagt haben ſollen und die wunderlich genug klingen, wird auch des Entſtehens der Kometen gedacht. — Wir wollen nicht ſo unbillig ſein, alle dieſe Abſurditäten jenen alten Völkern anzurechnen, die es nicht verſchuldet haben, daß die Ignoranz

eines späteren Berichterstatters ihre Forschungen in ein so zweideutiges Licht stellt. Gewiß haben die in ihrem Heiligthum sicher gestellten Priester unter dem reinen Himmel Babylons die Astronomie nicht vernachlässigt, und wir haben ihrer Leistungen zu erwähnen bereits Gelegenheit gefunden. Aber eine richtige Theorie — denn nur eine solche, und zwar in höchster Ausbildung, kann es in einzelnen Fällen wagen, Kometen vorauszuverkündigen — giebt sich auf andere Weise kund und hätte zu ganz anderen Resultaten geführt.

Betrachten wir nun die Meinungen älterer und neuerer Naturphilosophen über die Kometen, so treffen wir zuerst auf eine Partei (Pauetius an ihrer Spitze), die sie für gar nichts Reelles, für ein bloßes optisches Bild hielt. Bald sollten es die Sonnenstrahlen selbst sein, die irgendwo im Weltenraume durch sich allein sichtbar, oder von einem Spiegel zurückgeworfen würden, bald war es das Entgegenkommen zweier Planeten, deren Licht sich (wie die Wellensysteme zweier in's Wasser geworfenen Steine) kreuzte und dadurch sichtbar machte. Schon Seneca widerlegte vor zwei Jahrtausenden diese Meinung vollständig.

Nach Andern waren die Kometen — Seelen berühmter Verstorbener, auf dem Wege von der Erde zum Firmament begriffen, von wo herab sie dann später als ewige Sterne glänzten. So lange sie noch auf Erden wandelten, beglückten sie das Menschengeschlecht und wendeten durch ihre Macht und Weisheit seine Plagen ab; nach ihrem Entschwinden brachen diese herein.

Poetische Erhabenheit läßt sich diesem Gedanken sicherlich nicht absprechen und in dieser Beziehung mag er seinen Werth ungeschmälert behaupten. Nur müssen wir mit tiefem Bedauern hinzufügen, daß in ihm der erste Keim aller jener Ungeheuerlichkeiten lag, welche als Ausgeburten der Kome-

tomantie ſo lange Zeit hindurch die Oberhand hatten. Die vermeintliche Beziehung auf die Schickſale der Erde und des Menſchengeſchlechts blieb fortan die Hauptſache, deren Erklärung ſich Niemand, der von Kometen handelte, überheben durfte, die als unumſtößliche Thatſache galt und die dem großen Haufen allein von Wichtigkeit ſchien. Wenn die Kirchenväter in den Kometen Ankündigungen des göttlichen Zorns erblickten und einen Engel ſupponirten, beauftragt, den Kometen durch die Himmelsräume und vorzugsweiſe über diejenigen Orte zu führen, denen namentlich dieſer Zorn galt, ſo war dies nur die Ueberſetzung des allgemeinen Volksglaubens in die Sprache des Chriſtenthums jener Zeiten, wobei bemerkt werden muß, daß keine frühere Andeutung dieſer Art als beim Johannes Damascenus vorkommt.

Noch Andere hielten die Kometen für Wolken, die ſich höher als die gewöhnlichen erheben und daher beſtändiger als dieſe ſein ſollten. Nur war nicht klar, weshalb ſie bei Nacht leuchten und doch am Tage unſichtbar ſein ſollten.

Der große Ariſtoteles verdient es gewiß, daß wir ſeine — allerdings grundfalſche — Meinung von den Kometen etwas näher betrachten, da man ſich faſt zweitauſend Jahre hindurch ſtets auf ihn berufen. Wie weit er ſelbſt eine ſolche Berufung gebilligt haben würde, werden wir unten ſehen.

„Unſere Erde", ſagt Ariſtoteles, „iſt von drei verſchiedenen Luftregionen umgeben. Die untere, in der wir uns befinden, und die wir einathmen, iſt die uns am beſten bekannte, ſie iſt an die Erde gebunden und vermag ſich nicht von ihr zu entfernen. Die zweite iſt ſehr kalt; Geſchöpfe halten ſich in ihr nicht mehr auf, aber ſie iſt, wie die erſte, an die Unbeweglichkeit der Erde gebunden. Die dritte endlich, wegen der Nähe der feurigen Region weniger kalt,

nimmt ſchon Theil an der allgemeinen Bewegung des primum mobile (der 24ſtündigen des ganzen Himmels) und unterſcheidet ſich dadurch weſentlich von den beiden anderen. Beſtändig ſteigen aus der Erde Dünſte auf; ſind dieſe heiß und trocken, ſo können ſie bis in die oberſten Luftregionen gelangen, wo der raſche Umſchwung ſie ergreift, fortführt, zuſammenballt und verdichtet. Die raſche Bewegung, vielleicht auch die Nähe der Feuerregion oder die Wirkung der Sonne und der übrigen Geſtirne läßt dieſe Maſſen in Brand gerathen, und ſo werden ſie der Erde als Kometen ſichtbar. Andere Dünſte von gleicher Natur ſteigen beſtändig auf, vereinigen ſich mit dem Kometen, unterhalten und verſtärken ſeinen Brand; endlich hat er die Erde erſchöpft und ausgeſogen, ſie kann ihm keine Nahrung mehr geben und ſo verliſcht nach und nach der Komet."

Es folgte hieraus, daß der Komet nicht ſehr weit von der Erde ſtehen und auf keinen Fall die Geſtirne, ſelbſt den nahen Mond nicht erreichen könne. Er war ähnlichen Urſprungs mit den Wolken; jene zogen die feuchten, kalten, ſchweren Dünſte an ſich; dieſer die heißen, trockenen, leichten, flüchtigen. Es war ferner erklärlich, weshalb die eigentlichen Aſtronomen, ſo lange dies Syſtem allein gültig war, ſich nicht mit den Kometen befaſſen mochten. Aber in keiner Weiſe kann man es entſchuldigen, wenn bis tief in's ſiebzehnte Jahrhundert hinein, nachdem ſo große und alles Frühere umgeſtaltende Entdeckungen vorlagen, noch immer eine zahlreiche Partei ſich fand, die mit der Autorität des Stagyriten Alles niederzuſchlagen wähnte und aus ſeinem Syſteme ein Zerrbild geſchaffen hat, wie er es ſich nimmer hätte träumen laſſen.

Ihn ſelbſt muß man von jeder Schuld, dieſen Mißbrauch veranlaßt zu haben, freiſprechen. Hören wir ſein eigenes Urtheil über ſein Syſtem:

„Ich ſpreche von den Himmelskörpern, aber ich „ſehe ſie nur von weitem; ich kann ſie nicht da beob„achten, wo ſie ſind, und das Meiſte, was am Himmel „vorgeht, entſchwindet unſern Augen." (Arist. de Coelo II., 3.)

„Kann irgend Jemand eine gewiſſere, auf beſſere „und natürlichere Gründe geſtützte Erklärung dieſer „Phänomene geben, ſo wird er ſich einen gerechten „Anſpruch auf unſern Dank erwerben." (ib. II., 5.)

„Da wir über die Kometen kein eigentlich ſinnliches „Urtheil haben, ſo muß ich zufrieden ſein mit einer „Erklärung, wenn ſie nur nichts den bekannten Wahr„heiten Widerſprechendes enthält." (de Meteoris. 7.)*]

Uebrigens hat er nie gelehrt, daß die Sonnenſtäubchen die Aſche verbrannter Kometen ſeien, daß Mars und Saturn die Kometenmaterie in der Erde präparirten und zum Ausbruch brächten u. dgl. Es ſteht ferner in ihm kein Wort von „Krankheiten, Heuſchrecken, Hungersnoth, Rebellion, Tod der Fürſten und Großen, als Folge der Kometenbildung", wenn er es auch für möglich hielt, daß Winde und Trockenheit durch ſie entſtehen könnten.

Auch würden wir irren, wenn wir glaubten, daß die Zeitgenoſſen, oder die nächſtfolgenden Jahrhunderte, eine ſo blinde Verehrung ſeinen Ausſprüchen erwieſen hätten als die ſpäteren. Nach dem Vorgange einiger Pythagoräer, die die

*) Ganz ähnlich lautenden Aeußerungen begegnen wir nicht ſelten bei den Alten, die wohl deutlich genug zeigen, daß ſie nicht im Entfernteſten daran dachten, ihren ſpäten Nachkommen wiſſenſchaftliche Glaubensartikel gebieteriſch aufſtellen zu wollen. Aber die Berufung auf alte Autoritäten iſt ein viel zu bequemes Faulbett, um nicht von mittelmäßigen Köpfen, zur möglichſten Schonung des eigenen Ideenvorraths, mit Freuden ergriffen zu werden.

Kometen nur für eine besondere Art der Planeten hielten, welche nur der Sonne zu nahe ständen und deshalb so selten gesehen würden, glaubte auch Seneca in ihnen wahre Weltkörper zu erblicken. Hören wir ihn selbst:

Ich kann mich nicht überzeugen (Quaest. nat. VII. 22), daß der Komet ein vor Kurzem ausgebrochenes Feuer sei; er ist gewiß ein bleibendes Werk der Natur. Was sich in der Luft erzeugt, hat keine Dauer, denn sein Element ändert sich unaufhörlich. Wie könnte, was aus und in der Luft gebildet ist, beständig sein? Feurige Meteore, die wir in der Luft sehen, ziehen geradlinig fort; die Kometen, mindestens die zu unserer Zeit erschienenen, — wie die früheren sich verhalten, weiß ich nicht, — folgen der allgemeinen, nur den Gestirnen eigenen Kreisbewegung. Was dem Zufall sein Entstehen verdankt, die Meteore, der Blitz, die Sternschnuppen, vergeht so schnell wie es kommt. Wäre der Komet ein Feuer, müßte sich dann nicht Größe und Gestalt jeden Augenblick ändern? Er nimmt seinen Platz unter den übrigen Gestirnen ein, er hört nicht auf zu sein, sondern vollführt seinen Lauf; verschwindet er uns, so ist er nicht erloschen, er hat sich nur weiter entfernt."

„Man wird mir vielleicht einwenden, daß, wenn die Kometen zu den Wandelsternen gehörten, sie sich innerhalb des Zodiacus halten müßten. Allein wer hat dem Thierkreise die Grenzen gesetzt und wer will die Werke Gottes beschränken? Die Planeten haben auch nicht alle denselben Lauf, warum soll es nicht noch andere Wandelsterne geben, die einen ganz verschiedenen haben? Sollen die großen Räume außerhalb des Thierkreises ohne alles Leben und Bewegung sein? Der Größe des Universums ist es weit angemessener, daß überall im Raume sich Bahnen befinden, als daß fünf Sternen das alleinige Privilegium der Bewegung innerhalb eng beschränkter Grenzen gewährt sei."

„Aber, fragt man mich weiter, warum kann man denn den Lauf der Kometen nicht wie den der fünf Planeten beſtimmen? Aber wie viele Wahrheiten ſind uns denn verſchloſſen? Niemand wird die Exiſtenz ſeiner eigenen Seele läugnen, und doch wird Niemand behaupten, das Weſen der Seele erklären oder den Ort des Körpers angeben zu wollen, wo ſie ſich befinde. Wenn nun ſo der Menſch ſich ſelbſt nicht genau kennt, iſt es zu verwundern, wenn er von den Dingen außer ihm noch weniger weiß? Wundern wir uns alſo nicht länger, daß die Geſetze der Bewegung der Kometen noch nicht erforſcht ſind: ſie erſcheinen ſo ſelten, ihre Rückkehr läßt ſich ſo lange Zeit erwarten, daß es für uns, die wir uns kaum rühmen können, die Urſachen der Finſterniſſe erforſcht zu haben, unmöglich iſt, eine genaue Kenntniß der Kometen zu beſitzen, die aus ſo unermeßlichen Fernen zu uns herniederſteigen. Der Tag wird anbrechen, wo eine beharrliche Forſchung dahin gelangt ſein wird, die Wahrheiten zu entſchleiern, die uns jetzt verborgen ſind. Das Leben Eines Menſchen, und wenn er es ganz und gar der Beſchauung des Himmels widmete, iſt viel zu kurz für dieſe tiefen Unterſuchungen. Die Folge der Jahrhunderte wird Alles offenbaren, und eine Zeit erſcheinen, wo unſere Nachkommen ſich wundern werden, wie ſo klare, ſo einfache, ſo natürliche Geſetze uns verborgen bleiben konnten.“ —

„So habe ich nun die Meinungen Anderer und meine eigenen Meinungen über die Kometen dargelegt. Die Götter allein wiſſen, ob ich Recht habe; ſie, denen keine Kenntniß verborgen iſt. Was uns betrifft, ſo bleibt uns nichts übrig, als die Natur zu ſtudiren und einige Muthmaßungen zu wagen, ohne zu behaupten, daß wir zur Wahrheit ſchon gelangt ſeien, doch auch ohne daran zu zweifeln, daß man ſie einſt erreichen werde.“

Wie war es möglich, daß anderthalbtauſend Jahre nach

Seneca nicht allein sein Tag noch nicht angebrochen, sondern die Finsterniß der Nacht eine so dichte geworden war, daß wir Mühe haben, es für möglich zu halten! Man möchte gern die Gelehrten jener Zeit entschuldigen und annehmen, daß der Volksglaube zu verbreitet und zu mächtig gewesen, daß sie ihn nur, wo sie mußten, geduldet, und wo sie durften, bekämpft hätten. Aber nein, die Schmach war eine vollständige. Ein Baffo (1580), Loboli (1619), Schuler (1665), Zahn und Andere legen uns in voluminösen, von Bücherweisheit strotzenden Werken Alles bis in's kleinste Detail vor und mühen sich ab, Scheingründe dafür aufzutreiben. Da finden wir denn, daß jedem Ort des Himmels, wo ein Komet erscheinen kann, jedem Sternbilde, das er durchlief, seine besondere Wirksamkeit zukam. Welche Planeten bei seiner Erzeugung mitgeholfen, über welchen Ländern der Erde er sich gezeigt, wohin sein Schweif gerichtet, wie lang und von welcher Gestalt er war — alles dies hat seine bestimmte prophetische Bedeutung. Seine Farbe, sein Kern und eine Menge anderer Nebenumstände (die zu beobachten oft ganz unmöglich war, und die folglich der Willkühr die trefflichsten Hinterthüren offen ließen), Alles ist nach seiner Wirkung einzeln beschrieben. Geht ein Komet nach Westen, so kommt nur auswärtiger Krieg, geht er nach Osten, so kommt innerer Aufstand. Die Wirkung läßt so viele Jahre auf sich warten, als die Sichtbarkeit des Kometen Tage gewährt. Nun sollte man meinen, wäre genug dafür gesorgt, daß der Prophet nie Lügen gestraft werden konnte, es mochte da kommen, was da wollte — allein es gab noch ein Universalmittel. Der Komet brachte ja nicht eigentlich das Uebel, er drohte es vielmehr nur an. Traf etwas ein — spät oder früh, in diesem oder jenem Lande, gleichviel — so war die Lehre gerechtfertigt; traf nichts ein (wie das nach allem Obigen noch möglich war, ist freilich schwer zu begreifen),

ſo hatte das Gebet und Flehen der Sterblichen — vor Allem das reichbezahlte der Prieſter und Mönche — den Zorn der Gottheit abgewandt.

Es kann jetzt kaum noch ein Intereſſe haben, den Gründen nachzufragen, die man für ein ſolches Syſtem aufſtellte; allein die meiſten Parteigänger dieſes Syſtems fanden es auch damals ſehr überflüſſig, die Anſprüche des geſunden Menſchenverſtandes in etwas zu beachten. Einige Ausnahmen treffen wir freilich an: ſo z. B. Fortunius Licetus, der darauf aufmerkſam macht, daß die trockenen, heißen, ſchwefelichten Dünſte, wenn ſie durch unſere Luft emporſteigen, von uns eingeathmet werden und uns, zumal wenn wir ſchon von ſelbſt hitzigen Temperaments ſind, zu Zorn und Affecten geneigt machen müſſen. Daher denn gegenſeitiger Haß, Erbitterung, Fehden, Kriege u. ſ. w., u. ſ. w.

Iſt der Komet entſtanden, ſo zieht er fortwährend Dünſte der Art an ſich, dieſe theilen der ganzen Luft eine Trockenheit mit, daher Mißwachs, Heuſchrecken und dergleichen; was aber auch unterbleiben oder ſich verſpäten kann, wenn gleichzeitig feuchte Dünſte genug in der Luft ſind.

Er verſchwindet endlich, alles Feurige in ihm iſt aufgelöſt und nur noch ſeine Aſche vorhanden; dieſe fällt herab und verdirbt abermals unſere Luft, was aber ſehr langſam geſchieht und deshalb oft erſt nach mehreren Jahren ſeine Wirkung äußern kann.

Ergötzlich klingt der Grund, weshalb gerade die Geſchicke der Fürſten und der Großen überhaupt von den Kometen vorzugsweiſe abhängen ſollen. Dieſe ſind ſchon wegen ihres Temperaments empfänglicher als andere Menſchen für ſolche Einflüſſe; dann aber verſpeiſen ſie auch eine viel größere Menge von Geflügel, und der Vogel muß natürlich von Allem, was in der Luft vorgeht, am meiſten Wirkung empfinden. — Genug davon!

Die Frage über die Entfernung der Kometen war eine Lebensfrage für dies System. Längst war man über die Entfernung des Mondes und annäherungsweise auch der anderen Körper des Sonnensystems unterrichtet, und man versuchte allmälig die Mittel, welche zu jener Kenntniß geführt hatten, auch auf die Kometen anzuwenden. Schon bei Regiomontan und seinen Schülern finden wir diesen Gegenstand behandelt; gründlicher und entscheidender geschah dies von Tycho und seinen Zeitgenossen. Die Parallare der Kometen mußte nach ihren Beobachtungen in so enge Grenzen eingeschlossen werden, daß sie nothwendig weit, sehr weit jenseit des Mondes stehen mußten. Damit aber fiel das ganze kometomantische System zusammen; daher sehen wir bald jene Beobachtungen verdächtigen, bald eine gezwungene und unnatürliche Erklärung suchen, wie denn Hainzel und Peucer alles Ernstes glaubten, der Komet könne auch bei einer kleineren Parallare uns dennoch näher als der Mond stehen.

Doch konnten diese Versuche gegen die Arbeiten der Astronomen, die ruhig fort beobachteten, sich nicht lange halten; allmälig gaben die Männer der Wissenschaft das bisherige System auf und bekämpften es offen. F. Sanchez, ein Mediciner des sechszehnten Jahrhunderts, scheint der Erste gewesen zu sein. Tiefer eindringend und nachhaltiger wirkend war das, was Gassendi im Anfang des siebzehnten gegen den Kometenwahn schrieb. Lubienetzky (1666) scheint der letzte namhafte Schriftsteller gewesen zu sein, der diesen Wahn nicht ganz fahren ließ. In seinem tractatus de Cometis führt er — meist sehr unkritisch — 400 Kometen an, mit Angabe alles dessen, was darauf erfolgte, und sucht darzuthun, daß nicht allein Böses, sondern auch Gutes dem Kometen folgen könne: eine Wahrheit, die man auch ohne eine so gewaltige Zurüstung glauben wird. Von dieser Zeit

an finden ſich nur noch obſcure Winkelſchriftſteller, die — wahrſcheinlich ohne ſelbſt im Ernſte daran zu glauben — meiſt nur um des leidigen Gewinns wegen die alten Fabeln wieder aufwärmen. Gewöhnlich warten ſie das Erſcheinen oder die Vorausverkündigung eines großen Kometen ab, wiſſen einen Theil des Publicums eine Zeitlang zu täuſchen, und ſind es gern zufrieden, wenn ſie und ihre Werke, ſehr bald nach dem Verſchwinden des Kometen, der ewigen Vergeſſenheit übergeben werden.

Doch das Aufgeben eines Irrthums iſt noch nicht nothwendig Erkenntniß der Wahrheit. Descartes' Wirbeltheorie trat auf und verdrängte die bisherigen Erklärungsſyſteme, aber ihre Schwächen mußten nur zu bald fühlbar werden, und gerade bei den Kometen am meiſten. Wie wenig Sicheres auch bis dahin über ihre Laufbahnen erforſcht ſein mochte, ſoviel ſtand feſt, daß ein Kreis, auch ſelbſt in roheſter Annäherung, dieſen Bahnen nicht entſprechen könne. Nun aber forderte die Wirbeltheorie nothwendig Kreiſe, und zwar der Ekliptik parallele, ſo wie Bewegung in übereinſtimmendem Sinne, was alſo mit den Kometen anfangen? Descartes nahm an, unſere Sonne und die Fixſterne ſeien im Ganzen gleicher Natur (allerdings wahrſcheinlich) und ſo würden dieſe auch Flecke wie unſere Sonne haben. Nähmen dieſe Flecke dergeſtalt zu, daß der ganze Fixſtern von ihnen umgeben wird und er alſo nicht mehr leuchtet, ſo hat er auch nicht die Kraft mehr, ſeinen Wirbel feſtzuhalten. Andere benachbarte Wirbel ergreifen ihn, und der bisherige Centralkörper ſelbſt wird von dieſen verſchiedenen Wirbeln bald hier-, bald dorthin geſchleudert, kann ſo auch gelegentlich in den Bereich unſerer Sonne kommen und ihn als Komet durchwandern. Doch nimmt dieſer Zuſtand wieder ein Ende, die Fleckenmaterie zerſtreut ſich allmälig (etwa der Kometenſchweif?), der Fixſtern erhält ſeine leuchtende

Kraft und seinen alten Rang wieder, kann auf's Neue einen Planetenwirbel um sich herum versammeln.

Man sollte fast auf den Gedanken kommen, Descartes habe eine Satyre schreiben und irgend einen gestürzten Monarchen seiner Zeit unter diesem Bilde darstellen wollen. Auf Erden freilich muß man glänzen können, um auf Andere zu wirken. Wie aber noch nach Entdeckung der Jupiterstrabanten und Angesichts des um die Erde laufenden Mondes das Selbstleuchten eines Weltkörpers als Bedingung der herumtreibenden Kraft aufgestellt werden konnte, ist schwer einzusehen; und wenn man vollends die Entdeckungen späterer Zeiten, vor Allem die wirklich periodischen Kometen, in Betracht zieht, so ist jede Erwähnung weiterer Gegengründe unnütz.

Hevel's Kometographie erschien 1667. Dieses an sich schwache literarische Product konnte den Ruhm seines Verfassers, den er durch die von ihm zu Stande gebrachte erste Mondkarte sich erworben, keineswegs erhöhen. Statt eine neue Bahn zu brechen und Besseres an die Stelle der bisherigen Systeme zu setzen, kehrt er vielmehr, wiewohl unter bedeutenden Modificationen, zu der bereits aufgegebenen aristotelischen Erklärung zurück. Die Entstehung der Kometen hat nach ihm verschiedene Ursachen: die erste von ihnen ist Gott. Dies wird aber keineswegs so einfach wie hier hingestellt; denn Hevel spricht auch die evidenteste Wahrheit nicht aus, ohne alle nur möglichen Beweise und Belegstellen dafür des Breitesten aufzuzählen. — Rücksichtlich der zweiten und folgenden Ursachen ist der langen Rede kurzer Sinn etwa folgender:

Der Komet entsteht aus den feinsten, ätherischen Dünsten der Erde, die sich in den höheren Regionen zusammenballen und, indem sie sich von der Erde entfernen und doch noch, anfangs wenigstens, an der Rotation theilnehmen, eine

Spirallinie zu beſchreiben genöthigt ſind. Kommen ſie ſo allmälig in den Bereich der Sonne, ſo verwandelt ſich die Spirale in eine geradlinige Bahn, die mit der Tangente des Uebergangspunktes zuſammenfällt. Hevel denkt ſich den Kometen ſcheibenförmig und nimmt an, daß er ſeine breite Fläche der Sonne zuwende. Die Bahn bleibt aber nicht geradlinig, ſondern der Widerſtand des Aethers verwandelt ſie in eine paraboliſch gekrümmte. Es läßt ſich nicht leugnen, daß Hevel zwei wichtige Wahrheiten hier zum mindeſten geahnt hat; leider ſcheinen ſie beide nur gedient zu haben, ihn in ſeinem Irrthum zu beſtärken. Denn die Parabel Hevel's iſt weder die apolloniſche, noch ſteht die Sonne im Brennpunkt, und die angegebene Wirkung des Aetherwiderſtandes iſt gleichfalls ganz unſtatthaft. — Auch die andern Planeten erzeugen Kometen auf gleiche Weiſe wie die Erde, und da ein z. B. vom Saturn erzeugter Komet die Sphären aller übrigen durchläuft, ſo kann er vom Jupiter, vom Mars u. ſ. w. ähnliche Dünſte in ſich aufnehmen und ſo gleichſam als Quinteſſenz der ganzen Planetenwelt zur Sonne kommen. Dieſe verſchiedenen Theile vermiſchen ſich nun aber nicht mit einander, ſondern mit einer merkwürdigen Gewiſſenhaftigkeit giebt der Komet bei ſeiner Rückkehr von der Sonne jedem Planeten das Seinige wieder, und ſo endet ſeine ganze Exiſtenz, nachdem er die Sphäre desjenigen Planeten wieder erreicht hat, aus deſſen Dünſten er entſtand. — Fiat justitia, et pereat mundus!

Hevel geht ſo weit, es den Kometen anſehen zu wollen, welchem Planeten ſie ihre Entſtehung verdanken. Er behauptet auch Kometen mit mehrfachem Kopfe geſehen zu haben: nach ihm die Theile eben ſo vieler Planeten.

Nur dreizehn Jahre nach Veröffentlichung dieſer Theorie erſchien ein großer Komet, deſſen Bahn unter keiner Annahme mit ihr vereinigt werden konnte. Georg Samuel Dörfel,

Paſtor zu Plauen im voigtländiſchen Kreiſe Sachſens, gab ſeine Beobachtungen dieſes Kometen 1681 heraus und begleitete ſie mit Betrachtungen über die Geſtalt der Bahn. Er prüft Hevel's und die übrigen Theorien, findet ſie ungenügend und entſcheidet ſich zuletzt für eine ſelbſtſtändige paraboliſche Bahn, in deren Brennpunkt die Sonne liegt. In dieſer Beſtimmtheit ausgeſprochen, gebührt Dörfel unbeſtritten das Verdienſt, die Wahrheit gefunden zu haben. Vincenz Mut, Madeweis, Henry Percy, Hevel haben ſie geahnt, das richtige Ziel aber gleichwohl verfehlt, oder ſich auch gar nicht auf die eigentliche Frage eingelaſſen, wie denn z. B. Madeweis ganz beſtimmt nicht von der wahren Bahn, ſondern von der ſcheinbaren (geocentriſchen) Bewegung ſpricht.

So ſteht der Komet von 1680 als die große Grenzſcheide zweier Epochen da. Jenſeits Wahn, Willkühr, Schwanken hier- und dorthin; dieſſeits Wahrheit, Gewißheit und Folgerichtigkeit.

Dörfel hätte den Ruhm ſeiner Entdeckung, wenn er minder raſch mit ihrer Bekanntmachung geweſen wäre, eingebüßt. Denn ſchon 1686 erſchienen Newton's „Principia Philosophiae naturalis", das größte von Menſchen geſchriebene Werk. In ihm fand Alles, was bis dahin Wahres und Richtiges über die Bewegung der Weltkörper gefunden war, ſeinen entſcheidenden Beweis, ſeinen allgemeinen Zuſammenhang, ſeine innere Begründung. In ihm waren eine Menge der wichtigſten neuen Sätze, die ſonſt nur in Zwiſchenräumen von Jahrhunderten an's Tageslicht gezogen zu werden pflegten, wie mit Einem Schlage entdeckt. Auch für die Kometenbahnen war jetzt die definitive Entſcheidung gegeben. Ihre Bahnen ſind Kegelſchnitte (Ellipſe, Parabel oder Hyperbel), in deren

Brennpunkt die Sonne steht, und das haben sie mit denen der Planeten gemein. Sie unterscheiden sich aber darin von ihnen, daß sie alle der Parabel sehr nahe kommen (wenn sie nicht gar wirklich eine solche beschreiben), während die Ellipsen der Planeten dem Kreise sich annähern. Der Berechner einer Kometenbahn ist immer zunächst an die Parabel gewiesen. Eine Abweichung von derselben mit Sicherheit zu finden, kann er nur dann hoffen, wenn die Beobachtungen einen hinreichenden Zeitraum umfassen: dieselbe Bedingung, unter welcher auch nur die Abweichung der Planetenbahnen von einem Kreise gefunden werden kann. Der Kreis ist für die Planetenbahnen und die Parabel für die Kometenbahnen die Grenzform, und für mehr als $^5/_6$ der bisher beobachteten Kometen hat diese Grenzform den Berechnern genügen müssen.

Die meisten gehen mit ihren Bahnen über die Grenzen des Planetensystems (wenn wir Uranus dafür annehmen) hinaus. Von zweien ist das Gegentheil bestimmt gewiß, von zwölf bis funfzehn andern höchst wahrscheinlich. Von zwei oder drei andern, die den Uranus überschreiten, kennen wir eine kleinere als die diesem Planeten zukommende Umlaufszeit. Für alle übrigen sehen wir uns genöthigt, Jahrhunderte und Jahrtausende, wenn nicht vielleicht noch größere Zeiträume, als Umlaufszeit anzunehmen; berechnen lassen sich diese letzteren nur in seltenen Fällen mit einiger Sicherheit.

Wenn es gelungen ist, eine Theorie in ihrer Grundlage vollkommen sicher zu stellen, so darf man es auch wagen, ein bedeutendes Maß von Kraft und Zeit an Aufgaben zu setzen, die sich darauf gründen. Die Arbeit, welche Halley unmittelbar nachher unternahm, war die erste schöne Frucht von Newton's Gesetzen. Er verglich alle bis dahin gesammelte Nachrichten von Kometen, gelangte aber unter den vierhundert älteren nur bei zwölf zum Ziele. Zwölf andere

in neuerer Zeit beobachtete kamen hinzu, und dieſe vierundzwanzig paraboliſch berechneten Halley'ſchen Bahnen ſind die erſten, welche exiſtiren. Er ſtellte die Elemente dieſer Bahnen einander vergleichend gegenüber, um etwaige identiſche herauszufinden, und ſeine Erwartungen erfüllten ſich, denn er fand:

1) Die Kometen von 1456, 1531, 1607 und 1681 ſind ein und derſelbe.
2) Die Kometen von 1264 u. 1556 und ebenſo
3) Die Kometen von 1532 u. 1661

ſind wahrſcheinlich identiſch.

In Beziehung auf den erſten iſt die Vorherſagung Halley's, näher beſtimmt durch ſeine Nachfolger, nun zweimal (1759 und 1835) eingetroffen; die nächſte Rückkehr ſteht 1912 bevor. — Seneca's Prophezeihung hatte ſich, nach ſechszehn Jahrhunderten, erfüllt.

Was die beiden andern als wahrſcheinlich identiſch bezeichneten betrifft, ſo iſt um 1790 kein ähnlicher Komet erſchienen, doch kann gar wohl die Stellung der Erde zu ungünſtig geweſen ſein. — Ueber den Kometen von 1264/1556 wird das Jahr 1848, oder ein anderes naheliegendes, die Entſcheidung herbeiführen.

Halley's glückliche Entdeckung iſt Veranlaſſung geweſen, den erſten periodiſchen Kometen mit ſeinem Namen zu bezeichnen, und die Folgezeit hat den von ihm berechneten Erſcheinungen deſſelben noch einige frühere, mindeſtens mit Wahrſcheinlichkeit hinzugefügt. Ein Mehreres war damals nicht zu gewinnen, und die noch ganz unbegründeten Vorausſetzungen angekündigter Kometen auf 1719, 1736 u. ſ. w. ſind, wie zu erwarten war, nicht eingetroffen.

Einen beſſeren Dienſt als dieſe voreiligen Phropheten haben die der Welt geleiſtet, die ihre Beobachtungen der

Kometen unverdroſſen fortſetzten, neue aufſuchten und ihre Reſultate mit Newton's Theorie verglichen. Was man indeß jetzt nur ſchwer begreifen kann, der Widerſpruch gegen Newton's Theorie dauerte unter den Gelehrten, namentlich den franzöſiſchen, noch gegen ein halbes Jahrhundert fort. Erſt 1744 gab auch der letzte von ihnen, Caſſini, den Widerſtand auf.

Maraldi, Caſſini, Cheſeaux, la Caille, Clairaut und Andere haben Halley's Arbeit fortgeſetzt und ſeit dem erſten Eintreffen (1759) iſt kein Komet, der hinreichend oft beobachtet worden (nur 3 mal iſt ſchon hinreichend) unberechnet geblieben. Auch in das Alterthum iſt man zurückgegangen und hat namentlich einige chineſiſche Beobachtungen aufgefunden, die Halley unbekannt geblieben waren.

Ueber die Bahnen der Kometen mag ein Beiſpiel, des am beſten bekannten, hier einigen näheren Aufſchluß geben. Der Halley'ſche Komet war bei der letzten Erſcheinung

in der Sonnennähe 1835 Nov. 16.; Geſchwindigkeit 425 Meilen in der Minute;

		in der Minute
in der mittleren Diſtanz	der Venus 1835 Dec. 6.;	Geſchwindigk. 394 Meil.
	der Erde 1835 Dec. 25.;	= 342 =
	des Mars 1836 Jan. 28.;	= 272 =
	der Veſta 1836 März 28.;	= 221 =
	der Juno 1836 Apr. 17.;	= 207 =
	der Ceres u. Pallas 1836 Apr. 30.;	= 200 =
	des Jupiter 1836 Dec. 15.;	= 143 =
	des Saturn 1838 Juli 10.;	= 96 =
	des Uranus 1844 März 10;	= 56 =
Sonnenferne 1874 (Jan. 8); . .		= 8 =

Ein noch auffallenderes Beiſpiel ſehr verſchiedener Geſchwindigkeit gewährt der Komet von 1680, dem Beſſel's

Rechnungen eine Umlaufszeit von 8800 Jahren geben und der in seiner Sonnenferne nur 720 Fuß in der Minute fortrückt, in der Sonnennähe dagegen 3200 Meilen.

Olbers hat 1798 eine Methode gegeben, die Kometen unter der Voraussetzung einer Parabel zu berechnen, und sie ist noch immer als die praktisch beste anerkannt. Die genaue Berechnung setzt andere, schwierigere Methoden voraus; Bessel und Gauß haben uns diese gegeben; Ersterer sie auch an mehreren ausführlichen Beispielen erläutert.

Wenn man aus dem Umstande, daß man sich bei so vielen, auch selbst neueren Kometen, mit einer berechneten Parabel begnügen muß, so wie daraus, daß bei so vielen eine der Parabel äußerst nahe kommende Ellipse gefunden wird, den Schluß ziehen wollte, die Kometen beschrieben, zum großen Theil wenigstens, wirkliche mathematisch genaue Parabeln, so müßte man auch zugeben, daß solche Kometen nicht zur Sonne zurückkehrten, sondern sich ganz aus ihrem Bereich entfernten. Ein anderer, ihnen dann zunächst stehender (oder auch durch seine Masse überwiegender) Fixstern würde sie anziehen, und sie sich endlich um diesen in einer ähnlichen Parabel wie um unsere Sonne schwingen, und so fort, wenigstens bis er einmal ganz verschwände. Da nun aber mehrere Kometen reell zurückgekehrt sind, andere mit Sicherheit wiedererwartet werden dürfen, so hätten wir in ihnen zwei gänzlich verschiedene Klassen von Weltkörpern zu unterscheiden: die eine angehörend dem Sonnensystem allein, die andere der gesammten Fixsternwelt gemeinschaftlich. Dabei wäre schon der Umstand auffallend, daß wir durchaus kein durchgehendes Merkmal erblicken, woran diese beiden Klassen auch äußerlich zu unterscheiden wären.

Ein zweiter Umstand ist noch erheblicher. Da der Unterschied zwischen diesen beiden Hauptklassen von Kometenbahnen darin bestehen müßte, daß die einen ihrer Form nach

geſchloſſen (in ſich zurückkehrend), die anderen ungeſchloſſen ſind, ſo müßte man für dieſe letzteren Parabeln oder Hyperbeln annehmen. Die Parabel nun iſt nichts als eine Grenzform, zwiſchen Ellipſe und Hyperbel, ähnlich wie der rechte Winkel zwiſchen dem ſpitzen und ſtumpfen, und man kann alſo unendlich gegen eins wetten, daß jede Kometenbahn entweder Ellipſe oder Hyperbel ſei, um ſo mehr, als durch die nie ganz verſchwindenden Störungen die etwa in einem gegebenen Moment beſtehende Parabel ſchon im nächſtfolgenden dies nicht mehr ſein, ſondern einer der beiden anderen Formen angehören müßte. Wir müßten demnach, ſobald unſere Beobachtungen hinreichend umfaſſend und genau ſind, eine Abweichung von der Parabel mit Sicherheit zu erkennen, für die rückkehrenden Kometen Ellipſen, für die zu anderen Fixſternen übergehenden aber Hyperbeln finden. Nun haben wir für einige zwanzig Kometen mit Beſtimmtheit Ellipſen, dagegen nur für zwei mit einiger Wahrſcheinlichkeit Hyperbeln gefunden, nemlich für den von 1771 nach den Rechnungen von Burkhardt und Encke, und den zweiten Galle'ſchen Kometen von 1840, nach denen von Peters und Otto Struve. Für den erſten dieſer beiden iſt die Abweichung von der Parabel, in Theilen der Excentricität ausgedrückt, $^1/_{107}$; für den zweiten $^1/_{500}$. Aber ſelbſt angenommen, dieſe beiden Bahnen ſeien in dem von uns beobachteten Theile derſelben wirklich hyperboliſch, ſo würden doch noch zwei Bedenken eintreten, weshalb wir aus dieſem Theile auf das Ganze zu ſchließen uns nicht unbedingt geſtatten können.

Wenn nemlich ein Komet ſich in der Sonnennähe befindet, ſo werden die ſtörenden Wirkungen der Planeten auf ihn faſt gleich Null, wie die Natur der Sache es ergiebt und wie auch die Berechnungen es ſtets gezeigt haben; es iſt alſo faſt genau ſo, als wirke die Sonne allein mit ihrer

Kraft, die wir = 1 ſetzen wollen, auf den Kometen. Steht er in größerer Entfernung, doch aber ſo, daß er die Region der größeren Planeten noch nicht erreicht hat, ſo werden dieſe eine ſtörende Wirkung ausüben, die in den meiſten Fällen ſo beſchaffen ſein wird, daß der Zug zur Sonne geſchwächt wird, was auch vor der Sonnennähe in ähnlicher Stellung der Fall iſt. Doch werden auch dieſe Störungen nur in ſeltenen Fällen ſo ſtark ſein, daß ſie die Ellipſe in eine Hyperbel umgeſtalten könnten, überdieß aber werden ſie bei jeder ſcharfen Berechnung in Betracht gezogen und ihre Wirkung in Abzug gebracht, um die ungeſtörten Elemente darzuſtellen. Kommt aber der Komet, nach Ueberſchreitung des Planetengebiets, in Gegenden, von wo aus betrachtet dieſes nach derſelben Seite hin geſehen wird und ſich immer weiter entfernt, alſo optiſch in einen immer kleineren Raum zuſammenrückt, ſo werden auch die Wirkungen ſämmtlicher Planeten je länger je mehr ſich mit der Sonnenwirkung in gleichem Sinne vereinigen, folglich den Zug zu dieſer verſtärken helfen. Man wird endlich, ſtatt der Sonnenmaſſe = 1 die Maſſe des ganzen Sonnenſyſtems = 1 + x als wirkſam in übereinſtimmendem Sinne anzunehmen haben. Dieſes x iſt nicht ganz unbedeutend; es beträgt nach den neueſten Maſſenbeſtimmungen 0,001288 oder $^1/_{777}$ der Sonnenmaſſe*). Dieſe Wirkung nun iſt jedenfalls, wenn die Bahn im Ganzen betrachtet

*) Die Beiträge, welche die einzelnen Planeten zu dieſer Summe liefern, ſind:

Jupiter	0,000955.	3
Saturn	285.	6
Uranus	40.	5
Erde	2.	9
Venus	2.	8
Mars, Mercur u. ſ. w.	0.	8

wird, die Hauptwirkung; sie kann sich aber in unsern Beobachtungen nicht direct, und überhaupt nur dann aussprechen, wenn wirklich eine zweite Erscheinung erfolgt und beobachtet ist. Daß diese Wirkung nun in allen Fällen die etwaige Hyperbel der Ellipse wieder näher bringen müsse, leuchtet ein; und ist die hyperbolische Excentricität überhaupt nur schwach, so wird sie sich leicht wieder in eine elliptische verwandeln.

Zweitens aber ist das, worauf die Bahnberechnung sich beziehen sollte, der Schwerpunkt des Kometen. Unsre Beobachtungen lehren uns direct nicht diesen, sondern den hellsten Punkt kennen. Daß beide nicht weit von einander entfernt sein werden, ist zuzugeben, nicht minder auch, daß sie in vielen Fällen, optisch wenigstens, zusammenfallen. Aber unbedingte Regel ist es keineswegs, am wenigsten bei solchen Kometen, die einen starken langgedehnten Schweif und verhältnißmäßig kleinen Kopf haben, wie der große von 1843. Bei diesen wird nothwendig der hellste Punkt der Sonne näher liegen, als der Schwerpunkt. Im Moment der Sonnennähe wird dieser Abstand beider Punkte von einander der größte sein, vor- und nachher geringer; in größeren Fernen endlich werden beide zusammenfallen.

Man denke sich nun, daß der Schwerpunkt eine von der Parabel wenig abweichende Ellipse beschreibe, so wird gleichzeitig der hellste Punkt in den sonnennahen Gegenden leicht eine Hyperbel beschreiben können, wenigstens eine Curve, die durch diesen letztern Kegelschnitt am besten dargestellt werden kann. Also auch in diesem Falle würden wir einen Fehlschluß machen, wenn wir die Form des beobachteten Theiles der Bahn auch ohne Weiteres für die ganze Bahn gelten lassen wollten.

Hiernach kann die Möglichkeit, ja Wahrscheinlichkeit, daß alle Kometenbahnen geschlossene Ellipsen seien, aus den

bisherigen Beobachtungen keinesweges angefochten werden, wird vielmehr durch dieſe, ſo weit es möglich iſt, beſtätigt, und die Idee von Verbindungsgliedern zwiſchen den verſchiedenen Fixſternſyſtemen müßte auf andre Weiſe unterſtützt werden. Eine ſolche nun hat man von einer ganz verſchiedenen Seite her zu finden geglaubt.

„Ein Weltkörper, der in einer feſten bleibenden Bahn kreiſet — ſo ungefähr lautet der Excurs — wird auch an ſeinem Himmel ewig daſſelbe ſehen, nur von einem Standpunkt aus das Univerſum betrachten, und nur mit einem ſehr geringen Theile deſſelben bekannt werden können, ſo wie z. B. mit unſerm Sonnenſyſtem. Wenn es aber im Univerſum höhere, geiſtigere Geſchöpfe giebt, ſo wird dieſen auch folgerichtig ein weiterer, mannichfacherer Geſichtskreis eröffnet ſein müſſen; ihr Standpunkt darf nicht einem ſo beſchränkten Kreiſe angehören. Dazu nun können die Kometen, wenn ſie von Fixſtern zu Fixſtern laufen, am beſten dienen. Sie ſind der Aufenthalt von Weſen, die der Gottheit näher als wir ſtehen: ihre Geiſteskräfte ſind im Stande, ungleich reichere Vorſtellungen aufzufaſſen und tiefer in das Weſen der Schöpfung einzudringen, und ihr Wohnort gewährt ihnen dieſen Genuß auf die einfachſte Weiſe dadurch, daß er an keinen Ort gebunden und von keiner noch ſo mächtigen Sonne feſtgebannt, ſie dennoch alle in der Nähe ſchaut, ein Syſtem nach dem andern beſucht und in ſeinen Bewegungen nur der Geſammtheit aller gehorcht.“

Der Verf. hat keinen Anſtand genommen, eine Meinung, die er nicht theilen kann, gleichwohl von ihrer annehmlichſten Seite vorzuſtellen, und es thut ihm leid, das ſchöne Bild als ein Trugbild darſtellen zu müſſen. Da er nemlich die Kometen, ſelbſt wenn ſie nicht an die Sonne gebunden ſein ſollten, doch nicht von der Herrſchaft des Geſetzes der Schwere losſprechen kann, ſo werden ſie auch, vermöge deſ-

ſelben, je entfernter von der Sonne, deſto langſamer ſich bewegen, wie die oben aufgeführten Beiſpiele es anſchaulich machen. Jene Billionen von Meilen, durch welche die Fixſterne von einander getrennt ſind, werden ſie alſo mit einer um ſo geringeren Geſchwindigkeit durchlaufen, je länger ſie ſind, durch welchen Umſtand dieſe Räume ſich gleichſam auf die zweite Potenz erheben, wenn die Zeit berechnet werden ſoll, innerhalb deren ſie zurückgelegt werden. Ich habe den Verſuch gemacht, die Zeit zu berechnen, in welcher ein Komet von unſrer Sonne bis zur Wega, einem der nächſten Fixſterne (nach Struve 789,000 Sonnenweiten von uns entfernt) laufen würde, und finde beiläufig 31 Millionen Erdjahre. Von dieſer Zeit hat er beiläufig 8 Jahr innerhalb des Sonnenſyſtems und eine ähnliche Zeit innerhalb des andern zugebracht, die übrigen 30,999,984 Jahre in öder Finſterniß, und dem Sternenhimmel im Ganzen nicht näher als wir. Eine ſolche Reiſe wäre einer Eiſenbahnfahrt zu vergleichen, bei der man aus dem erſten Bahnhofe gleich in einen tauſend Meilen langen Tunnel gelangte, der bis an den andern Bahnhof reicht. Solche Räume und Zeiten, als wir nach unſrer jetzt erlangten Kenntniß zwiſchen den einzelnen Fixſternen ſtatuiren müſſen, haben denjenigen ſchwerlich vorgeſchwebt, die die oben berührte Meinung zuerſt aufſtellten.

Wir ſprachen bisher faſt ausſchließlich von den Kometenbahnen, gleichwohl bieten ſie ſelbſt, abgeſehen von dieſen, viel Bemerkenswerthes, wiewohl wenig Erforſchtes. Sie ſind noch immer höchſt räthſelhafte Körper, obgleich man ſie gemeſſen, gewogen und ihr Licht im Prisma polariſirt hat, und trotzdem, daß ſie unſrer Erde ſchon einige Mal ſehr nahe gekommen ſind, die einmal ſogar (26. Juli 1819) durch den Schweif eines Kometen lief. — Man unterſcheidet gewöhnlich den Schweif des Kometen von ſeinem

Kopfe, und in letzterem den Kern von der Nebelhülle. Doch hat es Kometen gegeben, wo ſich kein Schweif, ſo wie andre, wo ſich auch kein Kern zeigte, ſondern nur eine formloſe dünne Lichtmaſſe. Beides kann zwar aus einem blos optiſchen Grunde zu fehlen ſcheinen; doch giebt es Fälle, wo dieſe Erklärung offenbar nicht Stich hält und wo ſie alſo offenbar fehlen müſſen. Uebrigens ſind die Schweife den ungeheuerſten und raſcheſten Veränderungen unterworfen, und derſelbe Komet kann z. B. anfangs ſchweiflos, hernach mehr oder minder lang geſchweift und zuletzt wieder ſchweiflos ſein.

Der Schweif iſt der Sonne entgegengeſetzt, doch meiſtens nicht ganz direct. Am häufigſten weicht er ſo ab, daß er gegen die Richtung, welche 180° von der Sonne abſteht, mehr oder weniger zurückbleibt, und bei kürzern Schweifen hat man ſogar zuweilen bemerkt, daß ihre Richtung mit der zur Sonne gehenden einen ſpitzen Winkel machte. Der Komet von 1824 hatte zwei Schweife, einen längern, von der Sonne abgewandt, und einen kürzern, ihr zugewandt. Er wächſt mit der Annäherung zur Sonne, und nimmt mit der größern Entfernung von derſelben wieder ab; in den ſonnenfernen Gegenden findet deshalb wahrſcheinlich gar kein Schweif ſtatt. Oft iſt er überraſchend groß; in einzelnen Fällen hat die Berechnung auf 10—15 Millionen geographiſche Meilen geführt und ein Schweif von nur 1 Million Meilen gehört ſchon zu den kürzern, unſcheinbaren.

Aber auch der Kopf iſt meiſt beträchtlich groß, und übertrifft häufig das Volumen der Sonne; klein dagegen der Kern, inſofern ein ſolcher ſich unterſcheiden und einigermaßen der Größe nach beſtimmen läßt. Bei dem Kometen von 1811 zeigte ſich um den Kern herum ein verhältnißmäßig dunkler Raum und jenſeit deſſelben eine Art conoidiſcher Mantel als Nebelhülle, deſſen beide Aeſte in ihrer Verlängerung den Schweif bildeten. Beim Halley'ſchen

ſo wie an dem Kometen von 1744 hat man eine fächerförmige, vom Kern ausgehende Lichterſcheinung bemerkt, deren Axe nach der Sonne zu gerichtet war, ſo jedoch, daß die fächerartige Flamme wie ein Pendel um dieſe Axe herum ſchwankte, und zwar (nach Beſſel) in einer Periode von $4^2/_3$ Tagen. Dieſe ſich ſymmetriſch verbreitende Ausſtrömung ſchien durch weitere Zurückkrümmung und Verdünnung den Schweif zu bilden.

Uebrigens ſind Schweif, Nebelhülle und Kern durchſichtig. Noch nie iſt ein Stern durch den Vorübergang eines Kometen verdeckt, ja nur ſein Licht geſchwächt worden, nur daß er ſich auf dem helleren Kometengrunde nicht ſo ſcharf hervorhebt, als auf dem dunkeln Himmelsgrunde. Aber auch ſelbſt gebrochen wird das Licht der Sterne beim Durchgange durch den Kometen nicht, was unter andern Beſſel durch höchſt genaue Meſſungen gezeigt hat.

Daß der Komet nichts Feſtes ſei, erhellt ſchon aus den rapiden und großen Veränderungen, denen er unterworfen iſt; aus dem Vorſtehenden aber zeigt ſich auch, daß er nichts tropfbar Flüſſiges und eben ſo wenig etwas Gasförmiges ſei; denn in Beidem würde der Lichtſtrahl ſich brechen. Was iſt er denn nun aber? Wir können nur ſagen, daß unſre Erde kein Analogon für ihn darbiete, und es daher auch nicht möglich iſt, etwas Poſitives darüber auszuſagen. Vielleicht beſteht er aus höchſt feinen, ſtaubförmig zerſtreuten Theilchen.

Damit ſtimmt es nun ganz überein, daß er trotz ſeines ungeheuern Volumens doch nur eine ganz unbeſtimmbar kleine Maſſe beſitzt, denn noch in keinem Falle hat letztere ſich wirkſam gezeigt. Seine Theile müſſen faſt gar keine Cohäſion zeigen, da er den auf ſie einwirkenden Kräften gar keinen Widerſtand entgegenſetzt. Seine Dichtigkeit muß viele Millionen Mal geringer, als die unſrer verdünnteſten

Luft ſein. Das, was man Kern nennt, iſt nur der am wenigſten verdünnte und zerſtreute Theil der Maſſe, deren dünnſte Theile ſich an den äußerſten Grenzen der Nebelhülle und des Schweifs befinden. Vielleicht würde der Komet ſich ſogar völlig zerſtreuen, wenn ihn der Widerſtand des Aethers nicht daran hinderte. Am ſchweifloſen Encke'ſchen Kometen will man wahrgenommen haben, daß er in der Sonnennähe beträchtlich kleiner wird, was man dem vermehrten Drucke des Aethers zuſchreibt.

Der Komet hat kein eignes Licht. Dies iſt theils durch aſtronomiſche Beobachtungen, theils durch phyſikaliſche Verſuche dargethan. Die erſtern lehren, daß ſeine Sichtbarkeit faſt ganz allein von der Diſtanz von der Sonne und nur ſehr wenig von der Stellung zur Erde abhänge; daß ferner ſelbſt die größten Kometen noch dieſſeits der Jupitersbahn verſchwinden und zwar nicht durch Kleinheit, ſondern durch zunehmende Lichtſchwäche. Die phyſikaliſchen Unterſuchungen Arago's aber zeigen, daß das Kometenlicht ſich im Polariſationsapparate ganz ſo darſtellt, wie alles übrige erborgte (reflectirte) Licht, während directes (der Sonne, Fixſterne, einer Kerze) ſich weſentlich verſchieden verhält.

Ueber die Schweife und ihre Entſtehung giebt es mancherlei Meinungen. Einige haben zu uns unbekannten Naturkräften ihre Zuflucht nehmen zu müſſen geglaubt und z. B. eine Abſtoßungskraft fingirt, während doch das Univerſum nur allein anziehende Kräfte kennt.*) Dagegen ſind Andre bemüht geweſen, die Hülfe unbekannter Mächte zu entbehren, und nur allein die bekannten Naturgeſetze dabei wirkſam ſein zu laſſen. Wenn wir uns den Kometen

*) Nur der gröbſte Mißverſtand konnte in dem, was man freilich nicht ganz paſſend Centrifugalkraft genannt hatte, eine Abſtoßung erblicken.

aus weit zerſtreuten ſtaubartigen Theilen beſtehend denken, und dieſe, wie wir oben geſehen haben, in der Nähe der Sonne durch den verſtärkten Gegendruck des Weltäthers auf ein kleineres Volumen beſchränkt werden, ſo iſt es ſehr möglich, daß der Komet einer ſolchen Zuſammendrückung nur zu einem Theil folgen kann, während andre Theile ihr widerſtreben. Dieſe werden ſodann nach der Seite des ſchwächſten Gegendrucks (alſo derjenigen, von woher der Komet kommt) entweichen und allmälig den Schweif bilden, der fortwährend wachſen muß, je mehr der Druck zunimmt. Der Schweif wird alſo nothwendig nachziehen, alle zurückbleibenden Theile in ſich aufnehmen, und es kann (wie bei dem Kometen von 1843) dahin kommen, daß wir vom Kopfe faſt nichts mehr ſehen, ſondern beinahe alles in den Schweif übergeht.

Andre haben den Schweif aus der Differenz der Anziehungen erklärt. Man denke ſich eine Maſſe, welche jede Form ohne Hinderniß annehmen kann, ſo wird ſie, da die entfernteren Theile weniger, die näheren mehr als der Mittelpunkt von der Sonne angezogen werden, eine in der Richtung zur Sonne länglichte Figur annehmen, wie wir ja Ebbe und Fluth unſers Meeres auf dieſe Weiſe erklären. Hat ferner die Maſſe gar keine oder doch nur eine ſehr langſame Rotation, ſo werden ſich gleichzeitig die ſchwereren, dichteren Theile auf der gegen die Sonne gerichteten Seite anſammeln, ähnlich wie unſre Mondkugel eine gegen die Erde gerichtete Verlängerung, freilich nur von einigen hundert Fußen, erhalten hat. Iſt aber erſt einmal der Grund zu einer ſolchen länglichten Figur, ſo wie zu einer Sonderung der ſchwereren und leichteren Theile gelegt, ſo wird Beides, bei größerer Annäherung zur Sonne, in einem rapiden Verhältniß zunehmen und der Unterſchied zuletzt ins Ungeheure anwachſen, natürlich aber auch wieder abnehmen,

wenn der Komet ſich von der Sonne entfernt, und die geringe Anziehungskraft, die er auf ſeine einzelnen Theile ausübt, nach und nach das Uebergewicht über jene Differenz der Gravitation zur Sonne erhält.

Man ſieht, daß beide Erklärungen den Erſcheinungen im Allgemeinen Genüge thun, ja daß ſie ſogar gewiſſermaßen beide neben einander und gleichzeitig beſtehen können. Die verſchiedene Art der Schweifbildung, die doppelten und von der Normalrichtung abweichenden Schweife würden von urſprünglichen Ungleichheiten des Verdichtungszuſtandes im Kometenkörper herrühren.

Die häufig wahrgenommene Krümmung des Schweifes, die in Beziehung auf die Bahn ſtets eine Zurückkrümmung iſt, ſcheint gleichfalls leicht erklärlich. Denke man ſich den entlegenſten Theil des Schweifes ganz abgeſondert vom Kometenkörper, ſo wird er, weil entfernter von der Sonne, ſich nach den Kepler'ſchen Geſetzen langſamer bewegen als der Kopf und alſo gegen dieſen je länger deſto mehr zurückbleiben. Sein, wenn auch ſehr lockerer, Zuſammenhang mit den übrigen Theilen hindert ein ſolches gänzliches Zurückbleiben, vernichtet aber keineswegs das Beſtreben, ſich langſamer als das Uebrige zu bewegen, das alſo ſich wirkſam erweiſen wird, ſo weit es die Umſtände geſtatten, und ſo die Zurückkrümmung des Schweifs bewirkt.

Es ſcheint alſo, als habe man nicht nöthig, zu unbekannten Factoren ſeine Zuflucht zu nehmen, wenigſtens in Beziehung auf diejenigen Erſcheinungen, an deren Erklärung man ſich überhaupt jetzt ſchon wagen kann. Denn das wird Jeder leicht zugeſtehen, daß das Meiſte noch immer der Zukunft überlaſſen bleiben muß.

Man mag nun übrigens die hier vorgetragenen Anſichten von der Natur der Kometen annehmbar finden oder nicht, ſo iſt jedenfalls ſo viel gewiß, daß ſie von der der

Planeten gänzlich verschieden sei. Muß man nun schon bei diesen, trotz so mancher wesentlichen Uebereinstimmung, doch für jeden derselben eine ganz verschiedene Lebensform annehmen, so wird dies noch mehr der Fall sein bei den Kometen. Die Planeten und ihre Trabanten gewähren doch mindestens einen festen Boden, Wechsel von Licht und Schatten, Tag und Nacht, Jahreszeitenwechsel und so manches Andere, was zu unsern Bedürfnissen und Gewohnheiten gehört, und wenn dies nun auch nicht genügt, uns das Bürgerrecht auf Mars oder Jupiter zu erwerben, so mögen ihre Insassen uns doch in so manchen Beziehungen nachbarlich verwandt sein. Aber welche auch noch so entfernte Aehnlichkeit ließe sich zwischen uns und den Kometenbewohnern denken? Sträubt sich nicht schon unsre Phantasie dagegen, auf einem Körper von der oben dargestellten Art überhaupt Bewohner anzunehmen? Mindestens ist es ganz unmöglich, uns einen bestimmten Begriff von diesen Wesen zu machen.

Es wird nun noch nöthig sein, über Werth oder Unwerth der oft gehörten Behauptung, die Kometen könnten den Planeten und also auch unsrer Erde gefährlich werden, Einiges anzuführen. Man wollte diese Gefahren erblicken

a) in einer Störung der Laufbahn, dergestalt, daß ein Planet oder Mond in eine ganz andere als die bisherige Bahn geworfen würde, womit zugleich eine totale Veränderung der Klimate und aller Naturverhältnisse verbunden sein könnte, die es also z. B. dem Menschengeschlecht unmöglich machen würde, die Erde zu bewohnen;

b) in einem möglichen Zusammenstoßen mit einem Planeten, woraus eine Zertrümmerung des letztern, oder doch höchst gewaltsame Katastrophen und bleibende Veränderungen seiner Umdrehungsaxe u. s. w. hervorgehen müßten;

c) in einer Veränderung des Zustandes der Erd-

Atmosphäre, herbeigeführt durch die Vermischung mit der Nebel- oder Schweifmasse eines Kometen, in Folge deren die Atmosphäre schädliche Stoffe in sich aufnehmen, mit Feuchtigkeit übersättigt werden oder umgekehrt diese in einem beunruhigenden Grade verlieren müßte. So sollte nach Whiston ein Komet die Sündfluth bewirkt haben.

Das Angeführte würde hinreichen, die traurigsten Befürchtungen zu rechtfertigen, und der alte Aberglaube würde, aufgeputzt mit neuer Wissenschaft, wieder ans Licht treten und nicht Aberglaube mehr heißen wollen. Der Komet würde das Uebel nicht sowohl bedeuten als selbst bewirken, was für uns wehrlose Erdbewohner auf Eins hinausliefe.

Was den ersten Punkt betrifft, so hat sich für mehrere Kometen die Gelegenheit, Perturbationen auszuüben, gar nicht selten gezeigt, ohne daß dies je geschehen wäre. Der Halley'sche Komet ging im Nov. 1835 in 4½ Millionen Meilen Entfernung der Erde rückläufig und fast unter einem rechten Winkel vorüber: eine der allergefährlichsten Lagen. Der Encke'sche Komet kam 1835 dem Mercur noch näher; der Komet von 1819 stand so, daß die Erde durch seinen Schweif ging; der von 1770 kam der Erde bis auf 360,000 Meilen nahe, dem Jupiter zu zwei verschiedenen Malen noch näher. Die ungeheuersten Störungen hätten dabei nicht ausbleiben können bei einer nur etwas bedeutenden Masse des Kometen. Sie sind aber gänzlich ausgeblieben: die Elemente der Erd-, Mercurs- und Jupitersbahn haben in keiner Beziehung die geringste Einwirkung von diesen Kometen erfahren; selbst nicht solche, die dem großen Publicum unbemerkt geblieben und nur den Astronomen wahrnehmbar gewesen wären; z. B. eine Veränderung der Jahreslänge um einige Secunden, oder der Richtung der Axe um eine halbe Secunde. Die angeführten Beispiele sind sämmtlich aus neuern

Zeiten gewählt, alſo völlig ſicher und eben ſo ſicher die Behauptung der völligen Unwirkſamkeit. Hätte der Komet von 1770 nur den ſechstauſendſten Theil der Erdmaſſe gehabt, ſo hätte er das laufende Jahr um $2^1/_2$ Secunde verlängert, was in den Beobachtungen hätte bemerkt werden müſſen. Nichts der Art iſt bemerkt worden, folglich iſt die Maſſe dieſes Kometen kleiner als $^1/_{6000}$ der Erdmaſſe. Ein abſolutes Null kann ſie freilich nicht ſein, ſonſt würde ja der Komet ganz aus der Reihe der Körper heraustreten und alſo auch keine ſolchen Wirkungen erfahren, wie er ſie gleichwohl im größten Maßſtab erfährt. So bewirken die Störungen der Planeten bei dem großen Kometen von 1811, nach Argelanders Rechnung, eine Verfrühung von 170 Jahren für die nächſte (um 4700 n. C. zu erwartende) Erſcheinung. Alſo die Kometen haben zwar zu fürchten, von ihnen ſelbſt aber iſt, bei ihrer machtloſen Paſſivität, nichts in dieſer Beziehung zu fürchten.

Aber das Zuſammenſtoßen? Die Möglichkeit kann nicht geleugnet werden, daß z. B. die Erde und ein Komet in ihren Bahnen irgend einmal gleichzeitig nicht blos nahe vorüber, ſondern wirklich auf denſelben Punkt geführt werden. Daß ſie ſelten iſt, daß ſie — nach Olbers — nur durchſchnittlich alle 220 Millionen Jahre einmal ſich verwirklicht, ändert an der Sache nichts. Hätte nun der Komet nur den geringſten feſten Kern, wäre er auch nur ſo groß wie Teneriffa oder Malta, und käme dieſer Kern mit einer Geſchwindigkeit von 300 Meilen in der Minute der Erde (die 245 hat) entgegen, ſo würde der Komet zertrümmert, aber nicht ohne meilentief einzuſchlagen, große Länder mit ſeinen Trümmern zu bedecken und alles Leben darin zu zerſtören, den Ocean aus ſeinem Gleichgewicht zu bringen daß er die Erde überfluthete, die Erdaxe und ihre Rotationsperiode zu ändern, der Landkarte eine andre Geſtalt zu geben

und bleibende klimatiſche Veränderungen. Unſre Erde zeigt Spuren früherer Veränderungen, deren Erklärung ſchwierig, und für welche häufig dieſe Erklärung geſucht worden iſt. Allein der hierbei vorausgeſetzte ſolide Kern ſcheint durchaus nicht vorhanden zu ſein. Was wir Kern des Kometen zu nennen gewohnt ſind, iſt nie ſcharf begrenzt, erſcheint immer nur als dichteſter Theil der formloſen Nebelmaſſe. Die raſchen Veränderungen, die in ihm vorgehen, ſind unverträglich mit der Annahme einer irgend merklichen Cohäſion ſeiner Theile. Verhält es ſich aber ſo, dann wird man auch von einem directen Zuſammenſtoßen — wenn man anders dieſen Ausdruck noch rechtfertigen kann — keine verderblichen Folgen verſpüren, wenigſtens nicht für die Erde.

Indeß hat die Meinung von den verderblichen Wirkungen des Zuſammenſtoßens der Erde mit einem Kometen, beſonders im abgewichenen Jahrhundert, ſo viele Vertheidiger gefunden (ſelbſt einige namhafte Aſtronomen zeigten ſich ihr nicht gänzlich abhold), daß es nicht Wunder nehmen darf, ſie auch noch jetzt von Zeit zu Zeit wieder auftauchen zu ſehen. Trotz der zugeſtandenen großen Verdünnung der Kometenſubſtanz, glaubte ein neuerer Schriftſteller, Bouchéporn, dieſe Wirkungen behaupten zu können, da man ja den Kometen eine beliebige Geſchwindigkeit, z. B. von 40,000 Meilen in der Minute, ertheilen könne. Es iſt aber leicht zu zeigen, daß Geſchwindigkeiten wie dieſe im Sonnenſyſtem unmöglich ſind. Sie wird in ſolcher Erdnähe durchſchnittlich 350 Meilen in der Minute betragen und dieſe Größe nie bedeutend überſchreiten. Bei gegebenen Bahnelementen läßt ſie ſich für jeden Punkt der Bahn genau berechnen. Wir bedauern, daß Herr Bouchéporn dieſe kleine Mühe geſcheut hat, und halten eine weitere Widerlegung für überflüſſig. — Die Wiſſenſchaft könnte ein ſolches directes Zuſammentreffen nur wünſchen, da allerdings wichtige Auf-

ſchlüſſe zu erwarten wären, falls es voraus berechnet werden könnte.

Endlich der dritte Punkt. Die Atmoſphäre der Erde könnte möglicherweiſe Einflüſſen ausgeſetzt ſein, wenn gleich der Erdkörper in ſeiner Bahn, und ſeine feſten Theile in ihrem Beſtande ungeſtört blieben. Wie, wenn ein Komet oder ſein Schweif ſich mit unſrer Atmoſphäre vermiſchte und ſo ihre Zuſammenſetzung änderte, was doch wohl in Beziehung auf uns nur eine Verſchlechterung, wo nicht gänzliche Verderbniß herbeiführen würde? Mit Beſtimmtheit hier etwas behaupten zu wollen, iſt nicht möglich. Nur möge erinnert werden, daß ein neu hinzukommender Beſtandtheil unſrer Luft doch jedenfalls gasförmig ſein müßte, was aber der Komet ganz entſchieden nicht iſt. Ob aber aus der Berührung mit heterogenen Theilen, die ſich doch nur mechaniſch in ihr verbreiten könnten, eine Verſchlechterung der Atmoſphäre hervorgehen könnte, iſt ſehr problematiſch. Aus der effectiv ſtattgehabten Berührung am 26. Juni 1819 iſt eine derartige Wirkung nicht hervorgegangen. Oder will man die ſtarke Hitze, die den Juli und Auguſt dieſes Jahres auszeichnete, auf Rechnung jener Berührung ſetzen? Alsdann aber müßte ſie die ganze Erde verhältnißmäßig getroffen haben. Sie traf aber nicht einmal ganz Deutſchland, ſondern hauptſächlich nur ſeinen nördlichen Theil, ſo wie Holland, Preußen und Polen. Aehnlich verhält es ſich mit den kalten Wintern, die höchſt ſelten ſich auch nur über ganz Europa ($^1/_{50}$ der Erdoberfläche) erſtrecken. Denn man vergleiche die Jahrgänge, welche Petersburg als ſtrenge Winter aufführt, mit denen, welche in Odeſſa, in Island, am Rhein, in Italien für ſolche gelten, und man findet in einem ganzen Jahrhundert kaum einen congruenten. Aus Beobachtungen einzelner Orte und Gegenden, und wären ſie der Zeit nach noch ſo umfaſſend, wird es daher nie

möglich sein, einen ungewöhnlichen Einfluß, der nothwendig die ganze Erde treffen müßte, abzuleiten. Dennoch hat Littrow mit den in Oesterreich angestellten Beobachtungen einen Versuch gemacht und findet, daß den Kometenerscheinungen etwa eben so oft warme als kalte, trockne als feuchte oder auch gewöhnliche Jahre folgen. Wer nach dem Einzelnen und Localen sein Urtheil bilden will, muß auf Allgemeingültigkeit Verzicht leisten. Die Menge pflegt übrigens sehr rasch zu urtheilen. So trafen die beiden großen Kometen 1811 und 1819 mit heißen Sommern (in Deutschland) zusammen, und in beiden, namentlich dem erstern gedieh der Wein vortrefflich. Sofort nannte man ihn Kometenwein und schrieb ihn auf Rechnung jener Himmelskörper, ohne zu bedenken, daß diese auch allen andern Ländern der Erde sichtbar waren, deren größter Theil jene heißen Sommer nicht empfand. Auch waren in eben diesen Gegenden (Norddeutschland u. s. w.) die Sommer von 1826, 1834 und 1842 nicht minder heiß, ohne daß sie durch andre als etwa teleskopische Kometen, wie sie fast jedes Jahr bringt, bezeichnet waren. Wir sehen also, daß ein Einfluß im Ganzen und Großen, wie er eben in Frage gestellt wurde, nicht vorhanden sei, und ob schwächere, nur partiell hervortretende Wirkungen auf Wärme, Feuchtigkeit, Winde u. dgl. existiren, ist praktisch von geringem Interesse und kann jedenfalls erst dann mit einiger Sicherheit untersucht werden, wenn wir von möglichst vielen, über die ganze Erde zerstreuten Punkten genaue Beobachtungen sehr vieler Jahre in ununterbrochener Folge besitzen werden. Dann aber müßte man ohne Vorurtheil und mit wissenschaftlicher Consequenz die Arbeit durchführen, nicht aber mit jenem unbegreiflichen und unverantwortlichen Leichtsinn, mit welchem bisher die Meisten verfuhren, die diese Frage behandelt haben. Die wahrhaft lächerliche Jagd auf Calami-

täten, die man in frühern Jahrhunderten bei der Erscheinung eines Kometen anstellte, wobei man denn mit Allem vorlieb nahm, was sich eben bot, auch die Geduld nicht verlor, wenn man Jahre lang darauf warten mußte — diese wird sich freilich, so Gott will, ferner nicht wiederholen.

Wozu sind nun aber die Kometen vorhanden, welchen Zweck erfüllen sie im Universum? Einige haben in ihnen eine Art Brennstoff erblicken wollen, den die Sonne zur fortwährenden Unterhaltung ihres Feuers aus dem Weltenraume an sich ziehe. Wenn alle oder auch nur die meisten der Sonne so nahe kämen, wie die von 1680 und 1843, so ließe sich eher ein solcher Zweck supponiren; aber selbst die eben genannten kehrten, nachdem sie einige Stunden in solcher Nähe verweilt hätten, unverändert, wenigstens unvermindert zurück. Eben so wenig gehen sie aus der Sonne hervor — wie freilich noch Burg vermuthete — denn noch bei keinem hat die rückwärts berechnete Laufbahn auf einen solchen Ursprung geführt, wenn auch viele aus leicht nachweisbaren Gründen erst nach dem Perihel der Erde erschienen. Warum will man denn aber die Bestimmung eines Körpers, der seine bestimmte Bahn beschreibt und bleibende Existenz hat, außer ihm suchen? Oder sollte nur die Erde allein das Vorrecht haben, ihren Zweck in sich selbst zu erfüllen? Ohne Zweifel hat der große Urheber des Universums auch die Kometen zu etwas Höherem bestimmt als zu einem bloßen Diener andrer Weltkörper. Doch einen Nutzen will ich bezeichnen, den sie uns schon geleistet haben, und je länger je mehr leisten werden. Lange genug haben sie, ohne den geringsten Nutzen für uns, Schreckbilder und Zuchtruthen vorgestellt. Mögen sie uns nun, zum Ersatz dafür, durch immer genauere Beobachtung und Untersuchung ihrer Laufbahnen und Veränderungen zu einer fort und fort tiefern Einsicht in das große Ganze der Schöpfung und in

die ewigen Gesetze seiner Bewegungen führen. Wenn sie uns diesen geistigen Dienst leisten, so erfüllen sie einen großen und edeln Zweck, und einen solchen, von dem wir Erdbewohner uns fest versichert halten können, daß er dem Allmächtigen wohlgefalle.

Es ist nun noch übrig, von einigen einzelnen der hierher gehörenden Weltkörper zu sprechen, doch nur in sehr enger Beschränkung, da hier nichts weniger als eine Kometenchronik beabsichtigt wird. Wie mißlich es überhaupt mit einer solchen steht, wird man aus dem oben Gesagten unschwer abnehmen. Zwar ließen sich mindestens ein halbes Tausend, von denen die meisten auch in der That Kometen gewesen sein mögen, aufzählen und jedem derselben ein Excurs über die vermeintlichen Wirkungen hinzufügen, doch wozu dies? Die Wissenschaft fragt vor allem Andern nach dem Orte des Kometen am Himmel und dem Zeitmoment der Beobachtung; hat sie dieses nicht, so hat sie nichts. Grade darum aber haben sich die alten Kometenbeschreiber fast nie genau bekümmert, und so gilt das Göthesche:

„Was man nicht weiß, das eben brauchte man,
Und was man weiß, kann man nicht brauchen"

im vollsten Maße von den alten Kometen. — Wir beginnen mit dem in wissenschaftlicher Beziehung merkwürdigsten, dem

Halley'schen Kometen,

wobei wir Alles, was die Vorzeit uns aufbewahrt und möglicherweise auf ihn zu beziehen ist, berichten wollen.

426 v. Chr. „Unter dem Archon Euclees sah man in Athen um die Zeit des kürzesten Tages einen Kometen." — Nimmt man beide Angaben nicht sehr genau, und setzt etwa das Ende des November und den klei-

nen Bären, so dürfte die Nachricht auf den Halley-schen Kometen passen (30 Perioden vor 1835).

200 v. Chr. „Ein Komet im Krebse." Vielleicht der Halley'sche, vielleicht auch nicht. (27. Periode.)

49 v. Chr. (vielleicht auch 48 oder 50). „Ein Komet während des Krieges zwischen Cäsar und Pompejus." Die Chinesen erwähnen „einen Kometen in der Cassiopeja." Auf den Halley'schen will dies nicht recht passen. (25. Periode.)

22 n. Chr. Ein im December (in China) erschienener Komet in der Wasserschlange. Es kann der Halley'sche gewesen sein. (24. Periode.)

248. „Im 9. Jahr der Regierung Tsching-Ki, im August, im Raben." — Harmonirt sehr gut mit dem Halley'schen. (21. Periode.)

400 und 402. Beide Kometen, wiewohl die Zeit ziemlich zu passen scheint, gehören wahrscheinlich nicht hierher: der erste war zu glänzend; dem zweiten wird ein Lauf bezeichnet, der vom Cepheus durch Cassiopeja nach dem großen Bären geht; beides stimmt zu wenig mit dem Halley'schen.

552. „Ein Komet." Ganz unbestimmt und obenein ungewiß.

885. „In Frankreich sah man 20 Tage lang einen Kometen." Wir wissen mit dieser Nachricht nichts anzufangen.

930. „Ein Komet im Krebse." Der Halley'sche konnte im Sommer dort stehen und das Jahr stimmt mit der 12. Periode vor 1835.

1006. Die hier mitgetheilten etwas nähern Umstände lassen kaum einen Zweifel übrig, daß es rückwärts gerechnet die 11. Periode des Halley'schen Kometen sei.

1080. „Ein Komet am 19. Juli im Zeichen Tay-Ouey." (Chinesische Berichte.) Das genannte Zeichen begreift

das Haar der Berenice, so wie Theile des Löwen, der Jungfrau und des Bootes. Der Halley'sche Komet muß 10 Perioden vor seiner letzten Erscheinung dort gestanden haben.

1156. Die Chinesen setzen diesen Kometen am 2. August neben ϑ Geminorum. Dies stimmt gut mit dem Halley'schen.

1231 gehört dagegen ganz bestimmt nicht hierher, wiewohl das Jahr paßt. Die chinesischen Angaben führen auf eine directe Bahn und der Halley'sche ist retrograd.

1305. „Vom 15—21. April gesehen." Der Zeit nach scheint es der Halley'sche zu sein.

1381. Die Nachrichten widersprechen einander, sowohl was die Zeit als den Ort betrifft. Doch ist es wahrscheinlich der Halley'sche gewesen.

Die Ungewißheit ist hier zu Ende und wir haben nun noch sechs vollkommen constatirte Erscheinungen aufzuführen. Indeß mögen die bisherigen Data eine Art von zusammengesetztem Beweise abgeben dafür, daß der Halley'sche Komet auch früher schon bestanden habe. Er ist der einzige, und wird noch Jahrhunderte hindurch der einzige bleiben, der eine so ausgedehnte Prüfung gestattet. Da man nun bis in die neuesten Zeiten hin der Meinung sehr häufig begegnet, es seien die Kometen bloße Uebergangsformen, so ist es nicht unwichtig, zu untersuchen, welche Dauer der kometarischen Existenz durch Beobachtungen nachgewiesen werden kann.

1453. Erste gewisse Erscheinung. Die Jahreszeit war seinem Erscheinen sehr günstig. Am 29. Mai sah man ihn zuerst; sein Schweif war 10 Grad lang und sein Glanz ziemlich stark.

1531. Apianus in Ingolstadt hat ihn astronomisch beobachtet; doch nur vom 13—23. August; er war im Ganzen 34 Tage sichtbar, und nicht so glänzend als 1453.

1607. Aufmerksam von Kepler, Longomontan und Harriot beobachtet. Die Erscheinung ähnlich wie 1531.

1682. In Paris am 26. August gesehen und bis zum 11. September von Picard und Lahire beobachtet. Hevel in Danzig sah ihn noch bis zum 17. und Flamsteed bis zum 19. — Nur mäßiger Glanz.

1759. Erste vorausverkündigte Erscheinung eines Kometen, von Halley aus allgemeiner Vergleichung der Bahnelemente geschlossen und von Clairaut und der Astronomin Lepaute durch überaus mühsame Rechnungen näher bestimmt. Der diesmalige erste Entdecker war Palitzsch, ein Bauer aus Prohlis bei Dresden (25. Dec. 1758), und Messier beobachtete ihn bis zum 3. Juni 1759. Ziemlich starker Glanz, doch mehr für die Südhalbkugel der Erde als für Europa. Auf Mauritius verfolgte man seinen Schweif bis zu 47 Grad Länge.

1835. Zweite voraus berechnete Erscheinung. Diesmal betrug der Fehler der Rosenberger'schen Rechnung nur 3 Tage, bei der vorletzten dagegen 22 Tage ($^1/_{300}$ des Umlaufs). Zuerst am 17. August von Dumouchel in Rom gesehen und darauf bis Ende Mai 1836 beobachtet. Eine kurze Zeit, während der Erdnähe, zeigte er sich stark glänzend, sonst aber ziemlich unscheinbar. Der Schweif wuchs bis zu 20 Grad Länge an.

Er wird 1912 wiederkehren. Doch kann nur eine genau durchgeführte Berechnung, die auch über die frühern Erscheinungen sich erstreckt und die auch für den geschicktesten Rechner einige Jahre Zeit erfordern dürfte, über den Tag der Erscheinung Sicherheit gewähren. Seine mittlere Periode ist 75 Jahr 4 Monat.

Encke's Komet.

Seine Geschichte ist erst 60 Jahre alt, gleichwohl sind bereits 11 seiner Erscheinungen beobachtet. Die Identität der 4 ersten (von Méchain, Caroline Herschel und Pons zuerst bemerkten) Erscheinungen entdeckte zuerst Encke 1820, und berechnete von da ab alle Erscheinungen im Voraus, die auch sämmtlich auf die Stunde eingetroffen sind. Ist nun gleich die kurze Periode (1208 Tage) der Schärfe dieser Bestimmung sehr günstig, so würde doch ohne den ungemeinen Fleiß und Scharfsinn, den Encke bei dieser Berechnung bewährt hat, ein so günstiges und bei Kometen durchaus beispielloses Resultat nicht erreicht worden sein.

Er ist klein, fast schweiflos, dem bloßen Auge nur schwer und selten wahrnehmbar, und zeigt im Innern der rundlichen oder auch länglichen Masse eine Verdichtung, die als schlechtbegrenzter Kern bezeichnet werden muß und nicht in der Mitte, sondern seitwärts der Sonne abgewandt liegt. Veränderungen der Form wie des Glanzes sind bei ihm sehr merklich.

Biela's Komet.

Seine Beobachtungen beginnen 1772, wo ihn Montaigne zu Limoges am 8. März fand und bis zum 20. beobachtete. Mit bessern Instrumenten beobachtete der darin vorzüglich geübte Messier ihn vom 26. März bis 3. April. Seine Bahn wurde damals als Parabel berechnet; von einer so kurzen Umlaufszeit ahnte man noch nichts. — 1806 entdeckte man einen Kometen in Paris, in dessen von Gambart berechneten Elementen von Biela, k. k. österreichischer Hauptmann, eine Aehnlichkeit von 1772 zu bemerken glaubte. Die anfangs etwas mißtrauisch aufgenommene Entdeckung bestätigte sich durch die Rückkehr 1826, der die hiernach voraus berechnete 1832 im Spätjahr folgte. Santini's

Rechnung zeigte, daß der Komet 1839 bei seiner Rückkehr zur Sonne eine zu ungünstige Stellung zur Erde haben werde, indem er nicht allein 30 Millionen Meilen von ihr entfernt, sondern auch so stand, daß die Linie von ihm zur Erde fast immer nahe an der Sonne vorüberging. Günstiger wird die Erscheinung im Winter 184⅚ ausfallen.

Seine Umlaufszeit ist 6 Jahr 269 Tage, und seine Bahn ist weniger elliptisch, als sonst bei Kometen gewöhnlich, selbst weniger als die des Encke'schen. Mit bloßen Augen ist er nicht sichtbar. Ein Punkt seiner Bahn liegt der Erdbahn sehr nahe, und wenn er einst am 1. Dec. diesen Punkt erreichen sollte, wird er nur etwa so weit als der Mond von uns stehen und dann eine oder einige Nächte hindurch sehr groß erblickt werden. Durch einen Mißverstand gröbster Art hat dieser Komet 1832 die Welt mit Furcht erfüllt. Von jenem erdnahen Punkte der Bahn war nemlich etwas im großen Publicum verlautet und so verwechselte man die Erdbahn mit der Erde selbst, und war auf nichts Geringeres als auf den Weltuntergang am 1. Dec. 1832 gefaßt. Unwissende Scribenten, die die Miene des Belehrers annahmen, machten das Uebel nur ärger, indem sie den auf 1835 vorausverkündigten Halley'schen Kometen mit diesem verwechselten und einen Wirwarr von Kometen und Jahrzahlen anrichteten, wie ihn das 19. Jahrhundert nicht hätte sehen sollen.*)

Die beiden zuletzt genannten hat man auch planetarische Kometen genannt, da sie nach ihrer mittlern Distanz in die Region der Planetoiden fallen und die äußersten Planeten

*) Eins dieser jetzt längst vergessenen Bücher führte den Titel: „Was hat die Welt zu fürchten von dem Kometen des Jahrs 1834?" Ich antworte: Die Welt hat bei der Erscheinung des Biela'schen wie jedes andern Kometen zu fürchten, daß sie durch unnütze Bücher hintergangen werde, sonst aber nichts.

gar nicht erreichen, auch nicht ſo ſtark elliptiſch ſind. Es ſind aber eine ziemliche Anzahl (10 bis 12) in neuerer Zeit erſchienen, deren Umlaufszeit ſie mit dieſen beiden in die gleiche Kategorie ſetzt und die eben ſo wie ſie rechtläufig ſind; nur iſt keiner derſelben mit Beſtimmtheit wiedergekehrt.

Komet von 1264 und 1556.

Des erſtern gedenken viele Schriftſteller, nur iſt über ſeinen Lauf wenig Sicheres zu ermitteln, da die Beobachtungen nicht allein ſehr ungenau ſind, ſondern auch wahre Widerſprüche enthalten. Auch 1556 hat ein eignes Geſchick über ihm gewaltet: Fabricius in Nürnberg hat, wie es ſcheint, ihn ziemlich gut beobachtet, allein ſeine Originalbeobachtungen ſind noch nicht aufgefunden. Nach den Berechnungen ſowohl der frühern Aſtronomen als auch der neueren von Ruſſel, Hind, kann indeß kaum ein Zweifel beſtehen, daß beide identiſch ſind. Auch unterſtützen einige frühere Kometenerſcheinungen die Muthmaßung, wiewohl eine Bahnberechnung bei keiner von ihnen möglich iſt, nemlich 975, 681 und 389. Wir müſſen ihn hiernach um das Jahr 1848 wiederſehen.

Komet von 1532 und 1661.

Von dieſen Erſcheinungen ſind etwas beſſere Beobachtungen vorhanden: Fracaſtor und Apianus für die erſte, Hevel für die zweite; auch ſtimmen die Bahnelemente noch beſſer als bei dem vorigen. Indeß hat man ihn um 1790 vergebens erwartet. Sehr möglich, daß eine ungünſtige Stellung zur Erde die Schuld trägt. War z. B. ſeine Umlaufszeit um 5 Monate gewachſen (und bei Kometen von längeren Perioden ſind einige Jahre Veränderung nichts Unmögliches), ſo fiel ſein Perihel in die Mitte Septembers 1789. Um dieſe Zeit konnte er wegen ſeiner ſüdlichen Breite in Europa nicht geſehen werden. Die ſüdliche

Halbkugel aber besaß damals noch keine feste Sternwarte. Später aber mußte er dadurch unsichtbar werden, daß die Sonne zwischen ihn und die Erde trat.

Pingré hält dafür, daß auch der Komet von 1402 derselbe gewesen, doch sind die Angaben über seinen Lauf zu mangelhaft; ein Gleiches gilt von dem 1273 in China beobachteten; beide sind übrigens ganz gut mit den obigen Erscheinungen vereinbar. Völlig unbestimmt und unzuverlässig sind dagegen die Kometen von 1143 und 1015; diesen sah man „im Februar", jenen „gegen Abend".

Der große Komet von 1843.

Die plötzliche Erscheinung eines ungeheuern Kometenschweifs, die ganz Europa bis zum 55° n. Br. in Staunen versetzte*), ist gewiß noch in lebhafter Erinnerung. Merkwürdiger aber noch ist der durch zuverlässige Beobachtungen an verschiedenen Orten in Europa und Amerika außer Zweifel gesetzte Umstand, daß er am 28. Febr. am hellen Mittage dicht bei der Sonne mit bloßen Augen gesehen worden ist. Kaum 3 Grad von der Sonne entfernt, sah man einen weißen glänzenden Punkt und einen wie Rauch erscheinenden etwa 4 Grad langen Schweif. Zwar melden uns die frühern Chroniken von zwei oder drei Kometen Aehnliches, aber so nahe bei der Sonne zeigte sich keiner von ihnen. Fast ganz ähnlich war die Erscheinung des Kometen von 1668, nur daß wir nichts von einer Sichtbarkeit am Tage lesen. Damals wie jetzt war der Kopf klein und kaum zu unterscheiden, der Schweif dagegen 30—45 Grad lang. Auch erschien er um dieselbe Jahreszeit und durchlief

*) Jenseit dieses Parallels sind alle Nachforschungen umsonst gewesen, wiewohl der Ort genau bekannt war, selbst den großen Refractoren von Dorpat und Pulkowa blieb er verborgen. Eben so haben Stockholm, Kopenhagen, Edinburg nichts von ihm gesehen.

faſt dieſelben Sternbilder wie diesmal. Gehen wir rückwärts, ſo kommt

1491 oder 92. „Zu Nürnberg und Krakau ein Komet in den Fiſchen mit kleinem Kopf und großem, blaſſem Schweif."

1317. „Komet."

1142 (oder 43). „Komet am Abendhimmel" (in China).

968. „Komet."

442. „Komet."

268. Zwei Kometen, deren erſterer hierher gehören könnte, in China geſehen.

Wir können alſo eine Umlaufszeit von 175 Jahren für ziemlich ſicher annehmen.

Periodiſche Kometen, deren Wiederkehr noch zu erwarten iſt.

Wenn ein Komet in einer Erſcheinung lange und genau genug beobachtet werden kann, ſo iſt die Beſtimmung ſeiner Bahnelemente, einſchließlich der Umlaufszeit, allerdings möglich, außer wenn die letztere gar zu groß iſt. Hierher gehören:

Der Olbers'ſche von 1815. Umlaufszeit 74 Jahr. Nächſte Wiederkehr 1887 Febr. 9. Abends 10 Uhr. Berechner: Beſſel.

Der große von 1811. Umlaufszeit 3065½ Jahr. Nächſte Wiederkehr um 4700. Berechner: Argelander.

Der zweite von 1811. Umlaufszeit 763½ Jahr. Berechner: Nicolai.

Der Komet von 1812. Umlaufszeit 70⅔ Jahr. Berechner: Encke.

Der doppelgeſchweifte von 1807. Umlaufszeit 1713½ Jahr. Nächſte Wiederkehr 3360. Berechner Beſſel.

Der Komet von 1680. Umlaufszeit 8814 Jahr. Berechner: Beſſel.

Der Lexell'ſche von 1770. Umlaufszeit $5^4/_7$ Jahr. Berechner: Clauſen. (Durch eine vom Jupiter erlittene totale Störung der Bahn iſt dieſe in ſolchem Maße geändert, daß die Erde ihn wahrſcheinlich nie wieder ſehen wird.)

Komet von 1769. Umlaufszeit 2019 Jahr. Berechner: Beſſel.

Noch könnten mehrere, beſonders aus neuerer Zeit, aufgeführt werden, deren einer (1780 erſchienen, von Clüver berechnet) ſogar 78192 Jahr Umlauf zeigt, doch mag das Vorſtehende genügen.

Wir haben überhaupt nach den bisherigen Ergebniſſen

1) Mehrmals erfolgte und völlig gewiſſe Wiederkehr 3 Kometen
2) Wahrſcheinliche Identität, aus Aehnlichkeit der Elemente geſchloſſen . . . . . 5 "
3) Elliptiſch berechnete Laufbahnen, deren Wahrſcheinlichkeit überwiegend iſt . . . . . 22 "

Alſo periodiſche Kometen . . . 30

Nun ſind unter etwa 500 als beglaubigt anzunehmenden Kometen 150, bei denen eine Bahnberechnung verſucht worden. Dieſe beſteht aber, die obigen ausgenommen, nur aus der Beſtimmung derjenigen Parabel, welche ſich dem Stück, das die Beobachtungen umfaſſen, am beſten anſchließt. In den meiſten Fällen iſt die Kürze der Erſcheinung das unbeſiegbare Hinderniß eines weiter gehenden Verſuchs; bei den ältern, d. h. allen vor 1680, auch noch die Unvollkommenheit der Beobachtungen (von dieſen ſind überhaupt nur einige dreißig berechnet). Auch ein ſehr beträchtlicher Abſtand in der Sonnennähe iſt dem Erkennen der Ellipticität ungünſtig. So beobachtete man den Kometen von 1729 faſt 6 Monate lang, allein er ſteht 84 Mill. Meilen von der Sonne und ein Bogen von nur 21 Grad war Alles, was man erhielt. Doch

auch wo alle dieſe Hinderniſſe nicht ſtattfinden, iſt dennoch oft genug nur eine Parabel gefunden worden. Ein Beiſpiel iſt der große Komet von 1744, über 4 Monate lang geſehen; der von 1773, 6 Monate; und der von 1779, 4½ Monate hindurch ſcharf und gut beobachtet. Wenn, wie häufig geſchieht, Kometen nur wenige Tage oder Wochen geſehen werden, ſo kann man freilich keine großen Anſprüche an den Berechner machen; aber in den angeführten und vielen andern Fällen bleibt nichts übrig, als auf ſehr große Umlaufszeiten, größere als die, welche oben als die bedeutendſten angegeben ſind, zu ſchließen. Auch widerſprechen ſo große Umlaufszeiten keineswegs den anderweitig bekannten Verhältniſſen. Ein Komet von 100,000 Jahren Umlaufszeit, deſſen Sonnennähe in die Planetenregion fällt, wird in ſeiner Sonnenferne von dem nächſten Fixſtern (α Centauri) noch immer funfzigmal weiter entfernt bleiben, als von der Sonne, und er würde von dieſem Sterne weit geringere Störungen erfahren, als diejenigen ſind, denen die Kometen innerhalb des Planetenſyſtems ſich unterwerfen müſſen; es iſt alſo Raum genug vorhanden, um Kometen in Bahnen kreiſen zu laſſen, denen wir auch bei den anderweitig günſtigſten Bedingungen keine Ellipticität abgewinnen können.

Die Ungewißheit rückſichtlich der Umlaufszeit ſteigt übrigens ſehr bedeutend mit dieſer ſelbſt, auch verhältnißmäßig genommen. So iſt die Unſicherheit beim Encke'ſchen Kometen (1208 Tage Umlaufszeit) etwa eine halbe Stunde; beim Olbers'ſchen (74 Jahr) etwa 2 Monate; bei dem großen von 1811 (3065 Jahr) ſchon 43 Jahr und bei dem von 1680 (8800 Jahr) über ein Jahrtauſend, und es läßt ſich darthun, daß (alles Uebrige gleich geſetzt) die Ungewißheit der Beſtimmung ſich etwa wie das Quadrat der Umlaufszeit verhalten werde.

Einige merkwürdige, nicht elliptisch berechnete Kometen sind folgende:

240 n. Chr. Der erste, von dem eine — freilich höchst unsichere — Bahnberechnung vorhanden ist. Er ist in China beobachtet worden und kam mit Venus in Conjunction.

363. Ein am Tage sichtbarer Komet, kurz vor Julians Tode, nach dem Bericht des Ammianus Marcellinus. In China sah man ihn bei α Virginis am 26. August, was uns auf eine sehr helle Dämmerung führt. Jedenfalls also ein beträchtlich heller Komet.

418. Während einer totalen Sonnenfinsterniß entdeckt (19. Juli) und bis in den nächsten November, ja nach Einigen selbst bis in den Februar 419 sichtbar. — Wie Schade, daß von so ausgezeichnet günstigen Umständen damals kein wissenschaftlicher Gewinn gezogen werden konnte!

504. Als eine kleine Probe früherer Kometenbeschreibung möge hier aus Galfredus Monumetensis angeführt werden, daß der Schweif sich in einen feurigen dicken Ballen endigte, einen Drachen vorstellend, aus dessen Maule zwei Schweife hervorgingen, der eine nach Frankreich, der andre nach Irland weisend, letzterer spaltete sich noch in 7 kleinere. — Die Chinesen, damals noch die besten, wenigstens vorurtheilsfreiesten Beobachter, wissen gar nichts von diesem Kometen. Soll man etwa annehmen, es sei eine Lufterscheinung gewesen?

837. Der erste von allen, auf dessen Bahnberechnung mit einiger Sicherheit gezählt werden kann. Die Chinesen (denn noch über ein halbes Jahrtausend länger hinab sind sie die einzigen, mit deren Beobachtungen sich noch etwas anfangen läßt) haben ihn vom 22. März bis

28. April beobachtet und einen bis zu 28 Grad anwachsenden Schweif notirt.

Eine Schweiflänge von 80° ist zwar weder an sich unmöglich, noch auch in neuerer Zeit ohne Beispiel. Allein, es muß hier erwähnt werden, daß fast bei allen in China beobachteten Kometen ungeheure Schweiflängen vorkommen, nemlich über 100, ja selbst 200°, was gar keinen Sinn mehr giebt, und welche Länge gleichwohl (895) 37 Tage lang gedauert haben soll. Man muß also einen Mißverstand in diesen Zahlen oder eine andre Eintheilung des Kreises vermuthen.

1066. Von diesem großen Kometen sind alle Schriftsteller voll. Aus den bessern Angaben findet man, daß er rückläufig gewesen, der Sonne bis auf 7 Mill. Meilen und der Erde noch weit näher gekommen sei (zu Ende April). 67 Tage lang sichtbar.

1106. Dieser gleichfalls sehr große Komet, der gegen 50 Tage lang sichtbar blieb, machte im vorigen Jahrhundert viel Aufsehen durch die von Whiston aufgestellte Weltschöpfungs- und Sündfluthstheorie, die auf ihn gebaut war. Er nahm nemlich an, daß er mit dem von 1680 identisch sei und mit dieser Periode rückwärts rechnend, kam er mit 6 Umläufen (von 1106 ab) auf die Sündfluth, und mit 9 auf die 6 Schöpfungstage. Beide große Begebenheiten waren nach ihm Wirkungen des mit der Erde zusammentreffenden Kometen. — Es wird jetzt überflüssig sein, dieser Meinung noch in andrer, als geschichtlicher Beziehung zu gedenken. Schon Pingré zeigte, daß die Kometen von 1106 und 1680 unmöglich identisch sein könnten, und Bessel zeigte, daß die Umlaufszeit des letztern jedenfalls auf mehrere Jahrtausende steigen müsse, wie schon oben angeführt worden.

1208. In diesem Kometen glaubten die damals aufs Schrecklichste verfolgten und gemißhandelten Juden ein Zeichen der Ankunft des Messias zu erblicken. — Er war sehr glänzend und erschien am Abendhimmel.

1222. Er soll den Mond überglänzt haben. Wenn man dies auch nicht geradezu für unmöglich erklären will, so erwähnen doch die gleichzeitigen Berichte der etwas besonneneren Chinesen nichts davon, sondern erzählen nur, daß er sich vom Fuße der Jungfrau gegen Arctur und von da zum Haar der Berenice gewendet habe, und vom 8. Sept. bis 10. Oct. sichtbar gewesen sei.

1297. Ferret v. Vicenz hat folgende Nachricht: „Adolph ward getödtet am 15. Juni 1297, als die Sonne im Löwen stand; man soll damals einen geschwänzten Kometen gesehen haben.

Nun wissen wir, daß die Schlacht bei Gelnhausen, in welcher Kaiser Adolph umkam, am 2. Juli 1298 stattfand, an welchem Tage die Sonne im Krebse, so wie am 15 Juni in den Zwillingen stand. Die ganze Nachricht ist ein Pröbchen des gewaltsamen Herbeizerrens von Kometen und Unglücksfällen, die coute qui coute zusammen gehören mußten.

1301. Er erschien im September und war von bedeutender Helligkeit. Man glaubte in seinem Laufe eine Aehnlichkeit mit dem großen von 1811 zu entdecken. Doch schon die ersten Rechnungen Bessel's zeigten, daß die Umlaufszeit des letztern beiläufig 6mal so groß als das Intervall zwischen ihm und dem von 1301 sein müsse; und eine nähere Untersuchung der Beobachtungen des letztern zeigt auch, daß sie völlig unvereinbar mit dieser Hypothese sind.

1337. Aus den chinesischen Beobachtungen, welche 63 Tage umfassen, hat Pingré die Bahn dieses schönen

Kometen abgeleitet. Die europäischen Beobachtungen dagegen sind nichts als traurige Denkmäler der unglaublichen Ignoranz und Ideenverwirrung der damaligen Chronisten.

1402. Ein am hellen Tage sichtbarer Komet, der aber (ähnlich wie der von 1843) nur kurze Zeit einen so lebhaften Glanz zeigte.

1454 wird ein Komet erwähnt, der den Mond verfinsterte. Dies wäre eine der interessantesten astronomischen Thatsachen, wenn sie hinreichend beglaubigt wäre. Der einzige Gewährsmann ist Phranza, ein byzantinischer Autor, der vielleicht nur sagen wollte, er sei während einer Mondfinsterniß erschienen. Ich finde für den 8. Juni 1454 n. St. eine große in Europa sichtbare Mondfinsterniß, wie immer durch den Erdschatten bewirkt. Nun soll der Komet im Sommer erschienen sein, die Erklärung wäre also wahrscheinlich. Der Komet kann nahe beim Vollmonde, durch dessen Glanz geschwächt, am Himmel gestanden haben und während der Mondfinsterniß unerwartet groß und deutlich hervorgetreten sein. Wollte man den Ausdruck buchstäblich verstehen, so müßte der Komet zwischen Erde und Mond, folglich in einer Distanz von weniger als 50,000 Meilen stehen; und der Vorübergang vor dem Monde könnte nur eine oder wenige Minuten gedauert haben. Da ferner eine solche Nähe nur etwa zwei Stunden währen kann und der Komet in der nächsten Nacht schon 6—10mal weiter entfernt sein muß, so müßte er entweder in dieser einen Nacht einen ganz ungemeinen Glanz entfaltet haben oder in allen übrigen kaum sichtbar gewesen sein. Keins von Beidem findet statt, er zeigte sich während des Sommers alle Nächte nach Sonnenuntergang und hatte die

Figur eines langen Schwertes; von einer so besonders glanzvollen Erscheinung weiß weder Phranza noch die gleichzeitigen polnischen und chinesischen Schriftsteller, die seiner erwähnen. Ferner könnte nur ein undurchsichtiger Körper den Mond verfinstern und wir kennen keinen einzigen undurchsichtigen Kometen. Endlich aber findet das Räthsel seine höchst wahrscheinliche Lösung in den besondern Umständen, unter denen Phranza schrieb. Er war 1453 bei der Einnahme Konstantinopels durch die Türken in Gefangenschaft gerathen und schmachtete in der Sclaverei. Eine Verfinsterung des Mondes durch den schwertförmigen Kometen konnte gedeutet werden — und er selbst bleibt uns diese Deutung nicht schuldig — daß das Schwert der Christenheit den türkischen Mond wieder werde erbleichen machen; und ein solches Ereigniß war der damaligen Welt ein viel zu sehr erwünschtes, um es nicht auf jede Weise wahrscheinlich zu machen.

1472. Hier endlich ein Komet, bei dem die Beobachtungen der Chinesen entbehrt werden können. Sein Schweif war 5 Millionen Meilen lang und krümmte sich allmälig rückwärts.

1577. Ungemein glänzend, der Kopf röthlich, eine kurze Zeit hindurch am Tage sichtbar. Tycho hat ihn beobachtet, und so macht dieser Komet Epoche, denn nie und nirgend sind vor Tycho Beobachtungen gemacht worden, die den seinigen vergleichbar wären. Er fand den Schweif 22 Grad lang und der Kopf hatte 7 Minuten Durchmesser (der 188. Theil der Schweiflänge). Die wirkliche Länge des letztern wuchs von 5 bis 9½ Mill. Meilen. Am 28. Nov. sah Tycho noch einen kleinern Nebenschweif, etwa 28 Grad

gegen den erstern geneigt. Die Beobachtungen umfassen $2^1/_2$ Monat.

1618. Ein großer Komet und mehrere kleinere erschienen in diesem Jahr. Einige Chronisten führen 6 Kometen auf, doch können es auch verschiedene Sichtbarkeitsperioden eines und desselben sein. Drei indessen scheinen wirklich verschieden. Der erwähnte große gab Anlaß zu einer Kometenmedaille, freilich einer solchen, wie sie der damaligen Zeit entsprach. Auf der einen Seite ein ungeheurer Komet und unter ihm eine zur Erde niedergeworfene Menschenmenge, die Hände gen Himmel, um Erbarmen flehend. Auf der Rückseite:

„Gott gib das uns dieser Komet-Stern
Besserung unsers Lebens lern. 1618."

Gegen die Besserung des Lebens ist nun sicher nichts einzuwenden, besonders wenn man nicht erst das Erscheinen großer Kometen abwartet, um damit zu beginnen. — Die erwähnte Medaille ließ ein dänischer König prägen; einer seiner Nachfolger stiftete zwei Jahrhunderte später eine andre zur Belohnung der Entdecker eines teleskopischen Kometen. Die abergläubische Todesangst des 17. Jahrhunderts äußerte sich auf dieselbe Weise, wie der wissenschaftliche Eifer des neunzehnten.

Bessel hat seine Bahn berechnet. Sein Schweif wuchs gegen den 9. Dec. bis auf 10 Mill. Meilen an, war aber am 16. Jan. 1619 auf 3 herabgesunken. Er lag in der Ebene der Kometenbahn — was wahrscheinlich auch bei den übrigen Kometen der Fall ist, aber nur selten durch Beobachtungen constatirt werden kann. Der Sonne war er dagegen nicht entgegengesetzt, sondern, wie häufig bemerkt wird, rückwärts gekrümmt. Eine Abweichung von der Parabel hat sich nicht gezeigt.

1664. Der erste durch Fernröhre beobachtete Komet — Er war von ansehnlicher Größe und sein breiter gespreizter Schweif (Hevel vergleicht ihn mit einer Pfauenfeder) war **14** Mill. Meilen lang. Ueber ihn hat Lubienitzky einen ganzen Band geschrieben.

1668, 1689, 1702 Drei große Kometen, deren Kopf nur in südlichen Gegenden sichtbar war, so daß Europa nur einen Theil des Schweifes der beiden ersten, vom dritten aber, der nahe am Südpol stehen mußte, gar nichts sah; nur Persien, Aegypten u. a. sahen etwas vom Schweife. Der erstere ist identisch mit dem großen von **1843.**

1744. Der größte des **18.** Jahrhunderts, und nach einigen Nachrichten auch am Tage sichtbar. Am genauesten hat Heinsius in Petersburg ihn beobachtet und seine eigenthümliche Gestalt abgezeichnet. Wie beim Halley'schen gingen aus seinem Kopfe kurze gekrümmte Lichtbüschel hervor, und zwar auf der dem Schweife entgegengesetzten Seite. Klinkenberg in Harlem entdeckte ihn am **9.** Dec. **1743,** und er konnte bis in den April wahrgenommen werden. Eine Parabel entspricht den Beobachtungen so, daß man über die Umlaufszeit nichts bestimmen kann.

In den letzten hundert Jahren sind zusammen über **100** Kometen gesehen, in einzelnen Jahren bis zu **5**; die wichtigern darunter aber sind schon oben angeführt, und die meisten von ihnen waren nur teleskopisch.

XVI.

Die Sternschnuppen.

Was sollen diese hier? So würde man noch vor funfzehn Jahren allgemein gefragt haben; so werden nicht Wenige noch heut fragen. In der That haben die Astronomen ihnen früher gar keine Aufmerksamkeit zugewandt und sie als nicht zu ihrem Bereich gehörend betrachtet. Aber wie die Kometen im siebzehnten, so haben sich die Sternschnuppen im neunzehnten ein Recht erkämpft, worauf sie bis dahin keinen Anspruch zu haben schienen. Noch ist nicht ganz ausgemacht, ob man sie in die Rolle der vollberechtigten, erbgesessenen Bürger des Kosmos einzutragen, oder sie nur als Schutzverwandte zu betrachten habe; jedenfalls sind sie einzeln zu klein und ihre Gesammtzahl zu groß, um anders als in dieser Gesammtheit die allgemeine Aufmerksamkeit festzuhalten. Zu wünschen wäre nun wohl, daß man in ihrem neuen Verhältniß auf einen passenden Namen für sie bedacht wäre, auch ist ein solcher mehrfach versucht worden. Aber Meteore, wenn auch mit einer näheren Zeitbezeichnung (wie August- oder November-Meteore) ist zu allgemein; Aerolithen oder gar Mondsteine (wie Benzenberg will) haben im Gegentheil schon eine Erklärung anticipirt, die nichts weniger als unbestritten ist und die jedenfalls nicht in eine Benennung gehört, mit der ein größtentheils noch unbekannter Gegenstand bezeichnet werden soll. Fallsterne wäre besser, da es sich mehr an die äußere Manifestation anschließt, aber wieder nicht ganz richtig, da sehr viele ganz und gar nicht fallen, weder scheinbar noch wirklich. Bei diesem Stande der Dinge habe ich den hergebrachten Namen, der wenigstens Jedem gleich

ſagt, wovon die Rede ſein ſoll, um ſo mehr vorläufig beibehalten zu müſſen geglaubt, als ja auch in anderen Fällen, wo es ſich um längſt nicht mehr zweifelhafte Gegenſtände handelt, Namen im allgemeinen Gebrauche ſind, von denen Niemand behaupten wird, ſie ſeien der Sache angemeſſen und würdig, wie z. B. Milchſtraße. Genug davon!

Gewiß hat Jeder in heitern mondfreien Nächten das Fortſchießen von Lichtpunkten bemerkt, die unerwartet am Himmel bald hier bald dort zwiſchen den Sternen hindurchfahren und gewöhnlich ſchon verſchwunden ſind, bevor man dazu gelangt iſt, ſich ihren Ort zu merken. Dem ganz Unkundigen wird es vorkommen, als verlaſſe ein Stern ſeinen Ort, um einen anderen am Himmel einzunehmen oder auch zu verſchwinden. Einzelne dieſer Sternſchnuppen ſieht man einen vorzüglichen Glanz entfalten und zuweilen iſt ſogar ein beſtimmter Durchmeſſer wahrnehmbar, in welchem Falle man ſie als Feuerkugeln bezeichnet. Einige dieſer Feuerkugeln hat man deutlich zerplatzen ſehen; z. B. der Verfaſſer ſelbſt eine überaus große und helle am 3. Januar 1838 Morgens um 6 Uhr vom Berliner Thiergarten aus am weſtlichen Himmel.

Ebenſo hat wohl Jeder, wenn auch nicht ſelbſt Steine vom Himmel fallen ſehen, doch vielfältig von ſolchen gehört, die hier und da vor glaubwürdigen Zeugen herabgefallen ſind, und von deren baarer Exiſtenz man ſich überdieß in den meiſten naturhiſtoriſchen Muſeen überzeugen kann. Zwar was dieſe Steine betrifft, ſo werden noch viele der Lebenden in Zeiten zurückdenken können, wo man ſie als abergläubiſchen Kram verächtlich bei Seite warf. Und in der That, ſo ganz grundlos war das Mißtrauen nicht, mit welchem das aufklärende achtzehnte Jahrhundert ſie betrachtete. Denn dieſelben Chroniſten, die von ihnen zu erzählen wußten, ließen auch Blut, Stücke Fleiſch und noch ganz andere

Dinge vom Himmel regnen, und das absichtliche Bestreben, solche Vorfälle in eine bedeutungsvolle prophetische Verbindung mit andern geschichtlichen Ereignissen zu bringen, drängte sich gar zu auffallend in den Vordergrund. So kam es denn, daß man in jenen löblichen reformatorischen Bestrebungen sich etwas übereilte und geneigt war, Alles, wofür nicht gleich eine Aufklärung bei der Hand war, in das Reich der Fabeln und des Aberglaubens zu verweisen.

Dem neunzehnten Jahrhundert scheint es — in den Naturwissenschaften wenigstens — vorbehalten, diese in bester Meinung begangenen einzelnen Uebereilungen wieder gut zu machen, und so manchem „Alten" wieder zu seinem Rechte zu verhelfen, oder vielmehr ihm zum ersten Male wissenschaftlich Recht zu geben. Denn so geneigt wir auch immer sein mögen, das Unrecht, dessen man in Beziehung auf einzelne Thatsachen im ersten Eifer sich schuldig gemacht, offen anzuerkennen, so denken wir doch nicht im Entferntesten an eine Restauration aller alten Fabeln und Wundergeschichten, und noch viel weniger an eine Rückkehr zu der Denk- und Anschauungsweise, welche die früheren Jahrhunderte so entschieden charakterisirt, und vor der wir einen wo möglich noch größeren Abscheu tragen, als man ihn vor sechzig Jahren trug.

Auch die vom Himmel gefallenen Steine gehören zu den Kindern, die man mit dem Bade ausgeschüttet hatte. Ihre erste öffentliche Rehabilitation verdankten sie einem Steinfalle zu l'Aigle in Frankreich am 26. April 1803, der gerichtlich und wissenschaftlich so gut beglaubigt werden konnte, daß der Widerspruch verstummen mußte. Einmal aufmerksam gemacht, lernte man nun auch bald mehrere Berichte von solchen Vorgängen kennen und richtiger würdigen, verglich die neuerdings herabgefallenen Massen mit älteren, die man zum Theil in Kirchen verwahrt hatte, und

fand die Aehnlichkeit des äußeren Anſehens und der inneren Beſtandtheile ſo befriedigend, daß eine Anerkennung auch der älteren Vorgänge dieſer Art nicht ausbleiben konnte. Chaldni verdient als einer der erſten genannt zu werden, die ſich dieſem neueren Gegenſtande der Naturforſchung mit Eifer widmeten (ſchon 1794 in ſeiner Schrift über die von Pallas gefundenen Eiſenmaſſen).

Sollen wir nun behaupten, daß alle obenerwähnten Erſcheinungen auf eine einzige zurückzuführen ſind? daß Sternſchnuppen, Feuerkugeln, Meteorſteine und alles damit äußerlich Verwandte ſchlechthin identiſch ſei? Möglich allerdings, aber noch bei weitem nicht ſpruchreif. So ſehr es auch wünſchenswerth wäre, auch nur eine einzige Sternſchnuppe oder Feuerkugel mit Gewißheit als Meteorſtein wiederzufinden — womit wir einen nicht-irdiſchen Körper in die Hand bekämen — ſo iſt doch dieſer Wunſch noch nicht realiſirt. Der Aſtronom insbeſondere hat viele warnende Beiſpiele aus früheren Zeiten vor Augen, die ihn behutſam machen müſſen; er kann die dreiſten Behauptungen Benzenberg's in ſeiner Schrift: „Die Sternſchnuppen ſind Mondſteine" nicht ſo raſch zu den ſeinigen machen. Vor der Hand bleibt nichts übrig, als jedes der beiden Phänomene für ſich in Betracht zu ziehen und abzuwarten, ob etwa in Folge dieſer Unterſuchungen ſich dieſe oder eine ähnliche Behauptung rechtfertigen laſſen werde.

Fangen wir mit dem letzteren Gegenſtande an, der greifbar in unſeren Händen iſt und ſich der mineralogiſchen und chemiſchen Analyſe unterworfen hat.

Die Meteorſteine ſind ſämmtlich, ſoweit man ihr Niederfallen beobachtet hat, mit großer Gewalt und Schnelligkeit herabgeſtürzt, fußtief in die Erde eingeſchlagen und in heißem, ja glühendem Zuſtande gefunden worden, daher es gar nicht unglaublich klingt, daß einſt ein Meteorſtein einen Pachthof

zu Bury S. Edmonds angezündet, ein anderer einen Franciskaner in Mailand erſchlagen habe. Sie ſind gewöhnlich nicht einzeln, ſondern gleichzeitig in großer Anzahl gefallen (Steinregen). Es läßt ſich nicht nachweiſen, daß einzelne Erdorte häufiger als andere von ihnen getroffen werden.

Den Beſtandtheilen nach unterſcheidet man zunächſt Meteorſteine und Meteoreiſen. In jenen kommt zuweilen Eiſen vor, in dieſen iſt Eiſen der Haupt- und zuweilen einzige Beſtandtheil. Jene haben ein ſpecifiſches Gewicht von etwa 3,5 (Waſſer als Einheit geſetzt) und nur der Meteorſtein von Alais (gefallen am 15. Mai 1806, 5 Uhr Abends) macht eine Ausnahme und zeigt ein Gewicht von 1,9. Das Meteoreiſen kommt dem ſpecifiſchen Gewicht nach mit gewöhnlichem telluriſchen Eiſen überein.

Die Meteorſteine ſind meiſtens von blaſigem Gefüge, zum Theil ſelbſt bröcklicht und zerreiblich. Schwefelkies, Magnetkies, Eiſen, Nickel ſind die gewöhnlichſten Beſtandtheile; doch in verſchiedenem Verhältniß, einzelne derſelben auch wohl ganz fehlend. Das Meteoreiſen, was man nur in ſehr ſeltenen Fällen wirklich herabfallen ſah, meiſt nur nachher gefunden hat (eine Ausnahme macht die beim Dorfe Hraſchina bei Agram gefallene 71 Pfund ſchwere Maſſe gediegenen Eiſens, am 26. Mai 1751, Abends 6 Uhr) iſt zuweilen mit Olivin oder Magnetkies gemengt, oft aber ganz rein. Alle bisher in den Meteormaſſen gefundenen einzelnen Beſtandtheile gehören auch anderen Körpern unſerer Erde an, aber ſie bilden in ihnen meiſtens Verbindungen, die bei den Naturkörpern unſeres Wohnortes nicht in gleicher Art gefunden werden. Einzelne Stücke, namentlich der zweiten Art, wogen Hunderte, ja Tauſende von Pfunden.

Woher kamen ſie nun? Man hat vier verſchiedene Antworten verſucht.

1) Sie ſind Auswürflinge unſerer feuerſpeienden Berge.
2) Sie erzeugen ſich in der Luft und den darin aufgelöſten mineraliſchen Subſtanzen.
3) Sie kommen aus den Vulkanen des Mondes.
4) Sie ſind ſelbſtſtändige Weltkörper, die im Sonnenſyſtem ihren Lauf beſchreiben, auf dieſem zufällig der Erde begegnen und ihn ſolchergeſtalt enden.

ad 1) Da wir, in Europa wenigſtens, wohl alle jetzt thätigen Vulkane kennen, einzelne Meteorſteine aber Hunderte von Meilen um ihren Fundort herum keinen Vulkan haben, können wir es uns erſparen, hierüber weitläuftiger zu ſprechen.

ad 2) In der Atmoſphäre unſerer Erde könnten vielleicht ſehr kleine Maſſen durch einen uns unbekannten (etwa elektriſchen) Proceß ſich bilden und ſofort herabfallen, nicht aber ſo ſchwere Körper, zu denen die aufgelöſten Subſtanzen durch einen ungeheueren Raum in der Luft zerſtreut ſich befinden müßten. Gewiß ſteigen mineraliſche Dämpfe ſowohl auf natürlichem Wege als aus unſern Hochöfen und Schmiedeeſſen in die Luft empor, reichen aber zur Erklärung bei weitem nicht aus.

ad 3) Der Mond hat keine Vulkane. Nicht allein ſind ſie bei den genaueſten Beobachtungen, trotz der ungeheueren Menge von Kratern, die uns der Mond zeigt, nicht wahrgenommen worden; es fehlen ihm auch die Bedingungen, unter denen auf der Erde ein Vulkan ausbrechen kann. — Daß übrigens die Entfernung des Mondes kein Hinderniß ſei, haben Olbers und Laplace durch Rechnung dargethan und gefunden, daß ein mit der anfänglichen Geſchwindigkeit von 8000 Fuß dort aufgeworfener Stein gar wohl den Anziehungsbereich des Mondes überſchreiten und in den der Erde eingehen könne. Der Fall wäre übrigens doch ein ſehr ſeltener, denn bei weitem die meiſten dieſer

Steine würden, wenn sie nicht auf den Mond zurückfielen, im Weltenraume weiter laufen und gar nicht gegen die Erde hin sich richten.

Es scheint also in der That nur die vierte Meinung haltbar zu sein. Es hat durchaus nichts Widersprechendes, sich im Planetenraume Körper zu gedenken, die zu klein sind, um unter gewöhnlichen Umständen in unseren stärksten Ferngläsern zu erscheinen, und die, wenn sie in den Gesichtskreis der Erde kommen, auch gleichzeitig in ihren Anziehungskreis übergehen. In der That haben die größten Physiker, von Chladni bis Berzelius, sich dieser Meinung zugewandt.

Eine auf das Erdjahr sich beziehende Periodicität der Fallzeit ist nicht nachzuweisen, doch sind die Angaben noch zu sehr vereinzelt, auch nicht alle dem Datum nach gewiß, um etwas Sicheres zu erkennen. Eins der reichsten Cabinette dieser Art ist das Wiener, welches von 94 Fundorten 258 Nummern besitzt. Nach der Zeit des Falles, so weit diese bekannt ist, ergeben sich folgende Tage:

Januar 15.
Februar 3. 10. 19.
März 8. 12. 13. 15. 22. 25. 30.
April 5. 6. 12. 15. 19. 26.
Mai 8. 9. 13. 22. 26.
Juni 4. 12. 13. 15. 16.
Juli 3. 8. 12. 24. 24.
August 5. 7. 10.
September 3. 5. 9. 9. 10. 13. 13. 14.
October 1. 3. 5. 8. 13. 13. 14.
November 7. 11. 13. 17. 20. 23. 25.
December 13. 13. 13. 13. 14.

und außerdem noch, ohne Angabe des Tages, 2 im Juni, 1 im August, 1 im September, 1 im November; wobei

nur die Häufung in der zweiten Decemberwoche etwas auffällt; ich führe die Erscheinungen hier einzeln an:

1795 am 13. December Nachmittags 3½ Uhr zu Wolcottage (Yorkshire, England), 56 Pfund.

1798 am 13. December Abends 8 Uhr zu Krakhut (Benares, Ostindien), viele kleine Steine, doch einige über 1 Pfund schwer.

1803 am 13. December Vormittags 10½ Uhr zu Mässing (Alt-Oetting, Baiern), 3¼ Pfund.

1813 am 13. December Vormittags 10½ Uhr zu Lontalax (Wiborg, Finnland), mehrere kleine Steine.

1807 am 14. December Morgens 6½ Uhr zu Weston (Connecticut, Nordamerika), viele Steine, zum Theil von beträchtlicher Größe.

Gehen wir nun zu den Sternschnuppen über, die die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auch erst seit etwa 50 Jahren auf sich gezogen haben. Früher erklärte man sie als brennbare Dünste, etwa von ähnlicher Natur, wie die sogenannten Irrlichter. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts erregten sie die Aufmerksamkeit mehrerer jungen und eifrigen Forscher, wie Olbers, Brandes, Benzenberg, und es wurden, nicht ohne Erfolg, gleichzeitige Beobachtungen von Sternschnuppen an verschiedenen Orten angestellt, mit möglichst genauer Bemerkung des Orts und der Zeit des Erscheinens und Verschwindens, letzterer um der Identität gewiß zu werden. In den Jahren 1797 und 98 wurden gegen funfzig Sternschnuppen auf diese Weise beobachtet und ihre Höhe beträchtlich gefunden; nie unter 4—5 Meilen, oft aber 30—50; ja es kamen Fälle vor, wo eine Parallaxe sich nicht zeigte, die also jedenfalls noch weiter entfernt waren. Spätere, von Feldt, Boguslawsky, Erman u. A. angestellte Beobachtungen

nach ſtrengen, von Beſſel aufgeſtellten Formeln berechnet, gaben ähnliche Höhen. Die Mehrzahl war, wenn auch in ſchräger Richtung, zur Erde herabgekommen, doch auch das Gegentheil kam vor.

Dieſe Ergebniſſe machten es nun ſchon zweifelhaft, daß unſer Luftkreis der Entſtehungsort dieſer Körper ſein könne. Das erſte, ſtets plötzliche und unerwartete Erſcheinen bezeichnete ohnehin wohl nicht den Zeitpunkt des Entſtehens, und der Atmoſphäre hätte man eine Höhe zutheilen müſſen, welche die gewöhnlich angenommene ſehr weit übertraf. Aber auch angenommen, daß ſie ſich zu ſo ungeheueren Höhen erſtreckte, wie unmeßbar dünn müßte ſie nicht dort ſein. Nach dem bekannten Mariotti'ſchen Geſetz und den in unſeren unteren Regionen angeſtellten Barometerbeobachtungen hat die Luft in 8 Meilen Höhe noch $^1/_{1000}$ ihrer Dichtigkeit (die an der Erdoberfläche 1 geſetzt) in 16 Meilen $^1/_{1000000}$, in 50 Meilen $^1/_{1000000000000000000}$ u. ſ. w., ſo daß wir ſehr bald zu einer blos logarithmiſchen Bezeichnung der unendlich kleinen Bruchzahlen genöthigt ſein würden. Und in einem ſolchen Nichts ſollte noch aufgelöſter Meteorſtoff ſich befinden können, hinreichend, nicht nur Sternſchnuppen, ſondern ſelbſt mächtige Feuerbälle zu erzeugen? (Die Feuerkugel vom J. 1760, die in 19 Meilen Höhe zuerſt geſehen wurde, hatte 3000 Fuß, die vom Jahre 1823 ſogar 10000 Fuß Durchmeſſer). Wiewohl ich mich früher an einem anderen Orte (in Kretſchmar's meteorologiſcher Zeitſchrift vom Jahre 1825) ſelbſt, unter Bedingungen, für den atmoſphäriſchen Urſprung der Sternſchnuppen und verwandter Erſcheinungen erklärte, ſo muß ich doch jetzt anderer Meinung ſein.

Dazu kam, daß mehrere Aſtronomen Sternſchnuppen durch das Feld ihres Fernrohres ziehen ſahen, deren Glanz nicht ſtark genug war, um dem bloßen Auge ſich wahr-

nehmbar zu machen. Schröter ſah eine ſolche, deren Entfernung er auf 600 Meilen ſchätzte. Zwar hat man nicht mit Unrecht bemerkt, eine ſolche Schätzung ſei zu trügeriſch, und es könne eben ſo gut eine 6 Meilen entfernte ſehr kleine, als eine 100 Meilen weite größere Sternſchnuppe geweſen ſein. Allein das Feld eines Fernrohrs umfaßt einen ſo kleinen Raum, daß eine ſo nahe Sternſchnuppe, nach Allem, was wir über die Raſchheit ihrer Bewegung wiſſen, nur $^1/_{100}$ Secunde lang oder eine noch viel kürzere Zeit hindurch im Felde hätte bleiben können, bei welcher Raſchheit der Beobachter wohl nichts wahrgenommen hätte. Mir ſelbſt iſt fünf- oder ſechsmal dieſer Fall vorgekommen. In einem derſelben brauchte die Sternſchnuppe reichlich eine Secunde, um ein Geſichtsfeld von $2^1/_4$ Graden zu durchziehen. In dieſer Zeit legen Sternſchnuppen gewöhnlicher Art, mit bloßem Auge betrachtet, 30 — 40 Grad am Himmel zurück; bei den meiſten iſt die ganze Dauer der Erſcheinung kürzer. Hiernach muß ich es alſo mindeſtens ſehr wahrſcheinlich finden, daß jene Sternſchnuppe beiläufig funfzehnmal weiter von unſerer Erde entfernt war, als die mittlere Durchſchnittsentfernung der übrigen beträgt; nehmen wir 16 Meilen für letztere, ſo kommen für jene etwa 240. Mögen auch ſolche Zahlen ein noch ſo geringes Vertrauen verdienen, jedenfalls wächſt durch die zuletzt angeführten Wahrnehmungen die Schwierigkeit, ſie in unſerer Atmoſphäre entſtehen zu laſſen.

Dieſe Schwierigkeit aber wird zur Unmöglichkeit, wenn wir an die raſche Bewegung jener Meteore denken. Aus den angeführten Berechnungen ergiebt ſich eine Geſchwindigkeit von mehreren Meilen in der Secunde, wodurch die raſcheſten Bewegungen im Luftmeer, ja ſelbſt die des Schalles und die Erdrotation, um das Hundert- und Tauſendfache übertroffen werden; eine Geſchwindigkeit, die nur in

den kosmiſchen Bewegungen ſich wiederfindet. Nicht ſelten übertrifft ſie noch die der Erde in ihrer Bahn.

Wir können alſo dieſe Erſcheinungen, in ihrer Geſammtheit wenigſtens (denn allerdings mag es vorkommen, daß brennbare Dünſte auf dieſe Weiſe ſich zeigen), nicht der Atmoſphäre der Erde zuſchreiben, ohne uns von der Ausdehnung und Wirkſamkeit der letzteren Vorſtellungen zu machen, welche mit dem, was wir von anderer Seite her über ſie wiſſen, im unvereinbaren Widerſpruche ſtehen.

So ſtanden die Sachen, als vor funfzehn Jahren Alexander von Humboldt darauf aufmerkſam machte, daß in den Nächten des 12. und 13. Novembers ſich in mehreren Jahren und in den verſchiedenſten Erdgegenden eine ungemein große Zahl von Sternſchnuppen gezeigt habe. Er forderte die Aſtronomen auf, in dieſen Nächten Beobachtungen der Art anzuſtellen, und der Erfolg beſtätigte über Erwarten ſeine Vermuthung. Zwar war der Reichthum nicht in allen Jahren gleich groß, zwar wurden in Nord-Europa namentlich durch das im November ſo häufige anhaltend trübe Wetter viele Beobachtungen vereitelt, allein kein einziges Jahr iſt ſeinen Beitrag ſchuldig geblieben, und es iſt gegenwärtig bewieſen:

„daß alljährlich um den 12. November eine zu anderen „Zeiten durchaus ungewöhnliche Fülle von Stern„ſchnuppen ſich zeige".

Einzelne Beobachter ſind in einer Nacht bis über 1000 gekommen, und es iſt unausbleiblich, daß bei dieſer Zahl eine große Menge unbeachtet, wenigſtens ungezählt und unregiſtrirt, vorübergehen.

Wenige Jahre ſpäter machte Quetelet, Director der Brüſſeler Sternwarte, darauf aufmerkſam, daß auch der 11. Auguſt ein ſolcher Sternſchnuppentag ſei. Der Auguſt hat in der Regel viel größere Heiterkeit als der November,

wogegen in höheren Breiten seine Nächte noch zu kurz und zu hell sind, um viele Beobachtungen hoffen zu lassen. Doch haben die seitdem gemachten Erfahrungen Quetelet's Entdeckung völlig bestätigt; zuweilen ist sogar die Ernte im August noch reichlicher als die im November ausgefallen.

Es ließ sich erwarten, daß auch in früheren Jahrhunderten diese periodischen Sternschnuppen vorgekommen waren, und die Nachsuchungen in den älteren Chroniken sind nicht vergebens gewesen. Mehr als sechshundert Jahre zurück hat man solche Nachrichten gefunden, freilich unter seltsamen Ausdrücken, wie „feurige Heere", „Sternregen" u. dgl., immer aber kenntlich genug und um so unverdächtiger, als jene Zeiten unsere Theorien nicht hatten, bei absichtlichen und unabsichtlichen Erdichtungen also wohl nicht gerade auf diese Zeitpunkte getroffen wären*).

Ob noch andere Nächte des Jahres sich in ähnlicher Weise auszeichnen, ist noch nicht entschieden. In einzelnen nicht zu den obigen Perioden passenden Nächten haben sie sich reichlich gezeigt, ohne daß derselbe Jahrstag in anderen Jahren uns etwas Aehnliches darbot. Schwächer markirte Perioden glaubt Quetelet in einigen Nächten des April und Oktober gefunden zu haben, worüber die Zukunft entscheiden möge. Vor der Hand halten wir uns an die Erscheinungen des August und November.

Um nichts Wesentliches zu übergehen, werde hier noch bemerkt, daß in mehreren Jahren diese Erscheinungen in gewisser Weise zu einem bestimmten Punkt des Fixsternhimmels in Beziehung standen. Wenn man nemlich

*) Boguslawsky folgert aus seinen derartigen Untersuchungen, daß die Meteornächte sich seit 600 Jahren um 8—10 Tage vorwärts verschoben hätten, und findet selbst in den neueren Beobachtungen seit 1798, unter sich verglichen, eine Andeutung dieses Fortrückens.

die durchlaufenen Bahnstücke, so genau als thunlich aufgefaßt, auf einer Sternkarte markirte, so trafen diese Bahnen rückwärts verlängert in einer und derselben Gegend des Himmels zusammen. Diese Gegend blieb dieselbe während der ganzen Nacht, obgleich sie in Folge der Erdrotation nach und nach ganz andere Lagen gegen den Horizont und Meridian einnahm; sie hatte sich selbst in den folgenden Nächten (denn 2—3 Nächte hindurch währt das Phänomen gewöhnlich, wenn auch nicht in gleicher Stärke) nur wenig geändert, so viel etwa, als die Bewegung der Erde um die Sonne den Ort ändern mußte bei der Annahme, daß die Richtung der Sternschnuppen im Ganzen unter sich parallel geblieben war. Am bestimmtesten ist diese Thatsache von Erman in Berlin bei den Augustmeteoren von 1838 wahrgenommen worden.

Durch alles dieses ist nun auch wohl der letzte Zweifel, daß diese Meteore im vollen Sinne des Worts kosmische Phänomene seien, auf immer gehoben. Sie gehören zu den Weltkörpern, möge auch unsere Hand sie umspannen können, und sie werden denselben Bewegungsgesetzen unterworfen sein, denen auch die mächtigsten Planeten gehorchen, mithin Bahnen um die Sonne beschreiben, so lange, bis sie etwa, einem Planeten begegnend, an diesem sich niederschlagen und aus der Reihe selbstständiger Weltkörper verschwinden.

Erman hat den Versuch gemacht, aus der (hinreichend genau bekannten) Lage der Erde gegen die Sonne zur Zeit ihrer Erscheinung, so wie aus dem beobachteten gemeinschaftlichen Durchschnittspunkte am Himmel, etwas Genähertes über ihre Bahn abzuleiten. Sie hat jedenfalls eine starke Neigung gegen die Erdbahn, auch scheint ihre Excentricität nicht unbedeutend. Bestimmteres kann noch nicht gegeben werden, da ein nothwendiges Datum — die Geschwindigkeit

bei ihrem Vorübergange an unserer Erde — noch nicht hat gewonnen werden können und auch wohl große Schwierigkeiten machen wird.

Diese Bahn gehört übrigens, wenn gleich nicht der Gesammtheit aller überhaupt existirenden Sternschnuppen, doch jedenfalls dem ganzen Schwarme an, der zwischen dem 10. und 12. August an unserer Erde vorüberzieht. Der im November erscheinende muß von diesem verschieden sein. Die Mächtigkeit des Schwarmes — um einen bekannten bergmännischen Ausdruck zu gebrauchen — muß 6—70,000 geogr. Meilen betragen, da die Erde gegen drei Tage bedarf, um hindurchzukommen, und die Anzahl der einzelnen zu ihm gehörenden Körper in die Millionen gehen. Um den Umstand, daß das Phänomen jährlich wiederkehrt, erklären zu können, müßte man entweder mit Boguslawsky annehmen, der Schwarm vollende seinen Umlauf um die Sonne sehr nahe oder genau in derselben Zeit wie unsere Erde, was übrigens von beiden Schwärmen, wie verschieden auch sonst die Elemente ihrer Bahn sein mögen, gelten müßte; oder aber mit Erman dem Schwarm eine solche Gestalt und Ausdehnung geben, daß er stets die ganze Bahn gleichzeitig mit Körpern erfüllt, wobei die Umlaufszeit jede beliebige sein könnte, da die Erde stets beim Durchgang durch diese Stelle sie voll Sternschnuppen, wenn gleich jedesmal andern, antreffen wird.

Wir gestehen, daß uns die letztere Ansicht am meisten zusagt. Eine gleichzeitig in jedem ihrer Punkte materiell existirende Bahn ist im Sonnensystem nicht ohne Beispiel: der Saturnsring bietet ein solches. Die August- und November-Meteore fügten diesem nur zwei neue hinzu. Es wäre auch gar nicht nothwendig, alle Sternschnuppen in solchen gefüllten Bahnen laufen zu lassen; gar wohl können einzelne eremitisch für sich um die Sonne laufen; andere

zwar Schwärmen angehören, dieſe aber jedesmal nur einen Theil der Bahn einnehmen. So dürften ſich die einzeln wahrgenommenen oder die nur in einem Jahre angemerkten reichbeſetzten Nächte erklären. Ein Mehreres muß man für jetzt nicht verlangen. Genug, daß wir in verhältnißmäßig ſo kurzer Zeit einen der wichtigſten und ſeiner richtigen Erkenntniß nach ſo durchaus neuen Gegenſtand ſchon ſo weit zu führen im Stande geweſen ſind. Fernere Erfolge können nicht ausbleiben, und das Intereſſe für ein Phänomen, welches mit der Erde in ſo nahe Berührung tritt und doch auch gleichzeitig den ferneren Welträumen angehört, das Kosmiſche direct mit dem Telluriſchen verknüpft und überdieß ohne Schwierigkeit von Jedem etwa gleich gut wahrgenommen werden kann, da künſtliche Hülfsmittel hier ſo gut als Nichts helfen können, wird nicht wieder abnehmen.

Wollen wir nun noch einmal die oben angeregte Frage wieder aufnehmen und ein Schlußwort über die Identität oder Verſchiedenheit der Sternſchnuppen und Meteorſteine hinzufügen? Daß man noch kein directes Zeugniß für dieſe Identität beſitze, iſt bereits oben zugegeben worden; auch wird die Gewinnung eines ſolchen ſtets einen ſehr glücklichen Zufall vorausſetzen. Am Tage ſieht man keine Sternſchnuppen, und in der Nacht ſucht Niemand auf's Gerathewohl in Feld und Wald herum, wenigſtens nicht auf Meteorſteine. Ficinus (in Erdmann's und Schweigger's Journal für praktiſche Chemie Bd. V., S. 41) hält ein bei Löban in der Oberlauſitz gefundenes Stück poröſen Raſeneiſenſteines für das Reſiduum einer gleichzeitig dort geſehenen Sternſchnuppe; allein die meteoriſche Natur des fraglichen Stückes iſt großen Zweifeln unterworfen. Ohne über dieſen Einzelfall uns ein Urtheil anzumaßen, möchten wir doch uns für die Identität beider Phänomene ausſprechen. Beide ſind kosmiſcher Natur, beide ſetzen eine

große Menge verhältnißmäßig sehr kleiner Körper voraus, beide endlich scheinen sich gegenseitig zu bedingen. Denn wenn die Sternschnuppen in so großer Menge und so nahe der Erde vorüberziehen, so ist es unausbleiblich, daß einige auf die Erde treffen; und umgekehrt: wenn die Meteorsteine kosmischen Ursprunges sind, und in heißem, ja glühendem Zustand zur Erde herabkommen, so ist es gleichfalls fast nothwendig, daß wir sie in der Nacht wenigstens sehen werden. Nur daß freilich derselbe Meteorstein, den man am Tage niederstürzen sieht, nicht vorher als Sternschnuppe hat bemerkt werden können. Es scheint allerdings erwartet werden zu müssen, daß den periodischen Sternschnuppenschwärmen auch periodische Meteorsteinfälle entsprechen, und daß sich in der Chronik der letzteren jene oben bemerkten Tage gleichfalls vor den übrigen hervorheben müßten. Allein die Zahl der bestimmt bekannt gewordenen Fälle ist noch zu gering (außer den oben angeführten möchten sich nur noch etwa zwölf mit gesichertem Datum finden, und von den Meteoreisenmassen gar nur eine oder zwei überhaupt), um einen solchen Schluß schon wagen zu können. Wünschenswerth bleibt es, den 13. December, der sich in obiger Zusammenstellung so sehr hervorhebt, rücksichtlich seines Sternschnuppenreichthums zu untersuchen. Es wäre auch möglich, daß die mehr isolirt ziehenden Massen leichter als andere in Haufen ziehende an der Erde niedergeschlagen würden.

In wahrhaft überraschender Weise hat sich das Sonnensystem, extensiv wie intensiv, unter unseren Augen erweitert. Bei den Alten sind fünf Planeten Alles, was außer der Sonne, dem Monde und den Fixsternen am Himmel sich bewegte, und die Herrschaft der Sonne über sie ward höchstens von Einigen leise geahnt, nicht aber öffentlich anerkannt. Erst Kopernikus setzte sie förmlich auf den Thron und unterwarf ihr auch den sechsten Planeten, unsere Erde.

Die Fernröhre Galiläi's, Huygens, Caſſini's lehrten uns entfernte Trabanten und einen körperlichen Ring als Glieder des Syſtems kennen, Dörfel und Newton erwarben ihm die Kometen, durch deutſche Forſcher (denn auch Piazzi und Herſchel ſind im deutſchen Lande geboren) ward die Zahl der Hauptplaneten und der Monde nahezu verdoppelt, und nun kommen endlich noch dieſe Proletarier, an die Niemand früher gedacht hatte, und deren genaue Statiſtik wohl für immer ein Ding der Unmöglichkeit bleiben wird.

XVII.

Die Entſtehung des Planetenſyſtems.

Die großen Erfolge der neueren Naturforſchung ſind Veranlaſſung geweſen, daß manche Fragen, die aufzunehmen in früheren Jahrhunderten Vermeſſenheit geweſen wäre, Gegenſtand wiſſenſchaftlicher Forſchung geworden ſind. Es gab Zeiten, wo man alles Ernſtes am Verſtande derjenigen zweifelte, die über ſolche Dinge zu ſprechen wagten, wo die Herſchel und Laplace in Gefahr geweſen wären, in ein Irrenhaus geſperrt zu werden. „Wer iſt dort geweſen? wer iſt dabei geweſen?“ dies ſchien dem großen Haufen hinreichend, über alle aſtronomiſche Speculation, über alles Gerede von Entfernung und Größe der Himmelskörper den Stab zu brechen.

Jetzt, wo man damit nicht Amt und Brot, oder gar Leib und Leben mehr riskirt, wo man auch den hier und da noch nicht ganz verſtummten Vorwurf der Gottloſig-

keit mit reinstem und ruhigstem Gewissen dahin nehmen kann, darf auch in populären Schriften ein Thema behandelt werden, über das man früher, wenn nicht ganz geschwiegen, doch höchstens nur lateinisch geschrieben hätte. Zu einiger Beruhigung so mancher redlichen Gemüther mag indeß hier sogleich vorausgeschickt werden, daß wir nicht gemeint sind, die Schöpfung aus dem Nichts zum Gegenstand einer Analyse zu machen. So weit hat wenigstens noch kein Astronom gehen zu müssen geglaubt, und das Höchste, was sie bis jetzt angestrebt haben, dürfte am bestimmtesten in dem Ausspruche Kant's: „Gebt mir nur Materie, und ich will euch eine Welt daraus machen", gegeben sein.

Im vorigen Jahrhundert war es gleichsam Mode geworden, bei allen solchen Fragen von den Kometen auszugehen. Bald sollte ein solcher ein Stück aus der Sonne herausgestoßen, und diese unterwegs verzettelte Sonnenmaterie sich in die einzelnen Planeten verwandelt haben (Buffon), bald sollten alle Planeten und womöglich die ganze Schöpfung anfangs nur aus Kometen bestanden haben, und diese sich theils nach und nach in Planeten verwandelt, theils an die so verwandelten von Zeit zu Zeit etwas unsanft angestoßen und so die Vorgänge bei den sechs Schöpfungstagen, bei der Sündfluth u. s. w. veranlaßt haben, nicht unwahrscheinlich auch bei dem bevorstehenden jüngsten Gericht sie wieder veranlassen. (Whiston). Nachdem wir aber Gelegenheit gehabt hatten, mit den Kometen näher bekannt zu werden, und sie ihre Befähigung zu so wichtigen Missionen doch gar zu schlecht bethätigt hatten; auch von anderer Seite her die Summe der Thatsachen, auf welche der Erklärer fußen konnte, erheblich vermehrt war, konnte einer der ausgezeichnetsten Geister, der große französische Analyst Laplace, es wagen, einen gänzlich verschiedenen Weg einzuschlagen. Er

betritt ihn mit der Vorsicht, die der strenge und gewissenhafte Mathematiker stets da gebrauchen wird, wo er sich gestehen muß, nicht mehr ganz auf mathematischem Boden zu stehen. Seine am bestimmtesten und faßlichsten in der Exposition du Système du monde ausgesprochene Hypothese ist von den meisten Astronomen ausdrücklich oder stillschweigend adoptirt worden.

Die gesammte Masse, aus der gegenwärtig die verschiedenen Körper des Systems unserer Sonne und sie selbst bestehen, war ursprünglich formlos, unendlich verdünnt und ohne festes Centrum, sie nahm einen ungeheueren Raum ein, vielmal größer als das jetzige Sonnensystem nach seinen weitesten Grenzen; es würde, aus Fixsternfernen gesehen, etwa in der Art eines Nebelfleckes oder Nebelsternes erschienen sein. Diese Urmasse rotirte um sich selbst in einer Periode, welche länger war, als die längste Umlaufszeit eines gegenwärtig daraus gebildeten Körpers, und zugleich war die Temperatur dieser Masse eine beträchtlich hohe, aber im Abnehmen begriffene.

Dies sind Laplace's Voraussetzungen, jenseits derselben er nicht zurückzugehen wagt, von welchen ausgehend er es aber unternimmt, die gegenwärtigen Zustände folgerichtig abzuleiten. Mit jeder Abkühlung ist nemlich eine Zusammenziehung, Verkleinerung des Volumens, nothwendig verbunden; mit dieser aber, dem Kepler'schen Gesetz (der in gleichen Zeiten zurückgelegten gleichen Flächenräume) zufolge, eine rascher werdende Rotation. Der Schwung also, den die äußersten Regionen (in denen er ursprünglich am stärksten ist) empfanden, mußte je länger je mehr zunehmen und die Tendenz, von der übrigen Masse sich abzulösen, immer stärker werden.

Da, wo die Pole der Masse lagen, fand eine solche Tendenz natürlich nicht statt; die Contraction ging ungehemmt und unvermindert vor sich und das Ganze mußte

sich aus einer kugligen je länger desto mehr in eine abgeplattete, linsenförmige Gestalt verwandeln, die sich um die Ebene ihres Rotationsäquators herum zusammendrängte.

War zuletzt der Schwung der äußersten, in dieser Ebene befindlichen Massentheilchen so stark geworden, daß er die Tendenz zum Mittelpunkte des Schwunges hin überwog, so mußte ein Theil dieser Masse sich ablösen, und zwar im einfachsten Falle eine den ganzen Umkreis umfassende Zone, ein Ring. Dieser Ring nun rotirte für sich allein weiter und die Kluft zwischen ihm und der vereinigt bleibenden, sich weiter zusammenziehenden Masse ward fort und fort größer. Aber auch in diesem Ringe setzte die Contraction sich fort, nur in veränderten Richtungen. Im einfachsten, aber in der Wirklichkeit seltensten Falle einer ganz oder sehr nahe gleichen Dichtigkeit aller Theile dieser Ringmasse konnte ein bleibender Ring entstehen; gewöhnlich aber hatte ein Punkt oder eine Gegend des Ringes ein dynamisches Uebergewicht, oder ein derartiges Uebergewicht fand statt in mehreren einzelnen Punkten desselben: es mußte folglich eine Zerbrechung des Ringes eintreten und sich entweder seine ganze Masse allmälig um einen Punkt herum contrahiren, oder einzelne Stücke desselben gesonderte Contractionspunkte und Contractionssphären bilden. Was bis dahin als Rotationsschwung eines Ringes bezeichnet werden konnte, war nun zur Umlaufszeit, zur Bahn eines (oder mehrerer) sich bildenden Planeten geworden.

In dieser Hypothese ist also der äußerste Planet der älteste. Bei Ablösung der folgenden Ringmasse war das Ganze schon dichter, die Rotationszeit kürzer geworden; die fortschreitende Contraction konnte nicht mehr so große Zwischenräume hervorbringen; die in späterer Zeit sich ablösenden Massen mußten kleinere, dichtere, näher zusammenstehende, rascher umlaufende Planeten hervorbringen.

Der bei weitem größeste Theil der Masse (in unserm System $^{769}/_{770}$ des Ganzen) blieb unzertrennt und formte zuletzt eine Kugel, deren Rotation nach vollendeter Zusammenziehung dieselbe blieb, die Sonne. Aber Aehnliches, als vorher in der gesammten Urmasse, ging nun in den Partialmassen vor sich, die den Grundstoff der werdenden Planeten in sich enthielten. Eine auf ihr eigenes Centrum sich beziehende Rotation mußte gleich anfangs entstehen, schon wegen der gleich bei der Abtrennung sich manifestirenden Tendenz zur ungleichen Umlaufsbewegung, aber auch aus anderen Gründen, von denen früher schon die Rede war. Bei dieser Rotation und fortwährenden Zusammenziehung ging abermals ein Abtrennen von Ringen vor sich, natürlich beschränkt auf einen engeren Raum und unter Verhältnissen, in denen bereits mehr Bestimmtheit und Gleichmäßigkeit sich ausspricht. Weiter jedoch haben sich, in unserem Sonnensystem wenigstens, diese kosmischen Generationen nicht fortgesetzt, hauptsächlich wohl deshalb, weil in den abgetrennten Partialmassen, die den Stoff der Monde enthielten, die Rotationstendenz eine zu schwache war, so daß sich ein Uebergewicht der dem Planeten zugewendeten Seite bilde.e. War dies aber einmal geschehen, so konnte eine freie Rotation nicht mehr entstehen, sie war zwar nicht der Richtung, wohl aber der Zeit nach genau an die Umlaufszeit geknüpft, und so mußte sich die ganze um das Mondcentrum herum befindliche Masse in Einen Körper zusammenziehen, was auch bei den jüngeren Planeten schon größtentheils der Fall gewesen war, ohne daß eine solche gebundene Rotation bei ihnen stattfindet.

Ueberhaupt ist der Fall, daß ein einzelner Hauptkörper sich aus der abgetrennten Masse gebildet hat, in unserm Sonnensystem dreimal gegeben, bei Mars, Mercur und Venus.

Der Fall, daß sich um den einen Hauptkörper noch ein mehr oder weniger gegliedertes Partialsystem ausbildete, kommt viermal vor, bei der Erde, dem Jupiter, Saturn und Uranus.

Die Zertheilung des Ringes in mehrere kleinere Stücke läßt sich bei den Planetoiden voraussetzen, namentlich liegt für Ceres und Pallas die Vermuthung sehr nahe.

Endlich kommt der Ring als bleibende und sich consolidirende Form im Partialsysteme Saturns vor, wo sich nicht ein Ring, sondern ein System von Ringen gebildet, nachdem sich bei sieben früheren Abtrennungen, anfangs in langsamer, zuletzt in rascher Aufeinanderfolge einzelne Monde gebildet hatten.

So erklärt sich, warum die inneren Planeten im Allgemeinen dichter, kleiner, weniger abgeplattet als die entfernteren sind, warum alle von West nach Ost, und in nicht sehr abweichenden Richtungen sich um die Sonne bewegen, und auch die Rotationen diesem Gesetze folgen (die Uranustrabanten allein machen eine Ausnahme), warum endlich die Planetenbahnen sich so nahe dem Kreise anschließen.

Von allen diesen Bestimmungen nun paßt keine einzige auf die Kometen; höchstens könnte man die Kometen von kurzer Umlaufszeit, die sämmtlich direct sich bewegen und auch in Bezug auf ihre Neigung mit den vier kleinen Planeten in ohngefähr gleicher Kategorie stehen, hierher ziehen. Laplace wendet auch seine kosmogenetische Hypothese nicht auf die Kometen an. Eben so ist klar, daß auch die Sternschnuppenschwärme, möge nun ihre Verbindung unter einander beschaffen sein wie sie wolle, unter anderen Bedingungen als die oben angeführten sich gebildet haben müssen. Ueber beide mögen hier noch einige Bemerkungen folgen.

Die Laplace'sche Hypothese setzt eine Contraction voraus, welche gleichsam in's Unbegrenzte fortschreitet, da sie von

einer mehr als billionenfach geringeren Dichtigkeit der Urmasse ausgehen muß, um zuletzt die härtesten Steine und Metalle daraus niederzuschlagen. Will man nun nicht voraussetzen, daß alle Theile dieser Urmasse ohne Unterschied fähig gewesen seien, eine so ungeheuere Verdichtung zu erdulden, so werden diese Theile entweder gleich anfangs bei der zuerst beginnenden Abtrennung, oder aber später in irgend einem Zeitpunkte sich von der übrigen Masse gänzlich ausgeschieden haben. Sie werden daher auch nicht nothwendig blos aus der äquatoralen Gegend, sondern auch aus den den Polen derselben näher liegenden hervorgegangen sein, wodurch die verschiedensten Neigungen und Excentricitäten entstehen mußten; überhaupt aber die Veränderlichkeit ihrer Bahn, da im primitiven Zustande das Centrum der Hauptmasse noch nicht so überwiegend wirken konnte, viel größer als jetzt gedacht werden muß. Andere Massentheile mochten zwar fähig sein, eine so starke Zusammenziehung einzugehen, aber in weit langsamerem Fortschritt. Auch bei diesen war es nicht möglich, daß sie in die feste Substanz der Planeten und ihrer Monde eingehen konnten, es erfolgte dies vielmehr nur theilweise und sehr allmälig durch Niederschlagung an letztern. Die Atmosphären der Planeten und die Photosphäre der Sonne deuten gleichfalls darauf hin, daß große ursprüngliche Verschiedenheiten, auch in chemischer Beziehung, innerhalb der Urmasse anzunehmen sind, daher es ganz begreiflich wird, weshalb nicht Alles auf gleiche Weise und in gleicher Zeitfolge sich consolidiren konnte.

Petzholdt hat den Versuch gemacht, auf Grundlage der Laplace'schen Hypothese die weitere Fortbildung unserer Erde insbesondere zu schildern und die geologischen Vorgänge, bis sie zu ihrer heutigen Gestaltung gelangte, so darzustellen, daß sie als nothwendige Folgen jener allgemeinen kosmischen sich ergaben. So verdienstlich ein solcher

Versuch genannt werden muß, so dürfte es gleichwohl noch etwas zu früh sein, ein System aufstellen zu wollen, welches in strenger Folgerichtigkeit vom ersten Urzustande bis auf unsere Zeiten fortschreitet. Wenigstens kann die Verbindung (die in irgend einer Weise freilich stattfinden mußte) nicht so betrachtet werden, als hätten alle auf diese Weise gebildeten Weltkörper auch dieselbe Physiognomie im Einzelnen annehmen müssen und als sei z. B. die Selenologie im Wesentlichen identisch mit der Geologie, was durch den Anblick des Mondes widerlegt wird.

Hat sich unser Sonnensystem, wenigstens den Hauptbestandtheilen nach, auf die angegebene Weise ausgebildet, war vielleicht gar die Urmasse desselben selbst wieder nur der abgetrennte Theil eines größeren Ganzen, das viele, vielleicht alle uns sichtbaren Fixsterne umschloß, so dürfen wir auch annehmen, daß auch andere Fixsterne unter ähnlichen Bedingungen sich gebildet haben — vielleicht noch fortwährend bilden. In diesem Falle dürfen wir auch erwarten, daß eine Planeten-, Monden- und Kometenbegleitung nicht etwas unserer Sonne allein Eigenthümliches, sondern daß ähnliche Systeme auch noch manchen anderen Fixsternen zu Theil geworden seien. In dieser Aehnlichkeit aber eine allgemeine Conformität der Systeme erblicken zu wollen, erscheint mir zu gewagt, ja selbst unwahrscheinlich. Konnten im Sonnensystem sich mondlose Planeten neben mondenbegleiteten bilden, konnte eine so große Verschiedenheit der kosmischen Formen, als sie uns gegeben sind, trotz der Einheit und allgemeinen Verbreitung der Urmasse, Platz greifen, so wird noch viel weniger in anderen Systemen Alles eben so beschaffen sein, als bei dem unsrigen. Planetenlose und überhaupt unbegleitete Sonnen sind durchaus kein Widerspruch, eben so wenig als zwei oder mehrere um einander gegenseitig herumlaufende Sonnen, die nahe zu-

ſammenſtehen, die unläugbar am Himmel in großer Menge vorhanden ſind. Jedenfalls wäre es eine zu beſchränkte und der Gottheit wenig würdige Anſchauungsweiſe, wenn man die Ordnung und Harmonie des Univerſums in einer vermeintlichen Uniformirung deſſelben ſuchen wollte.

Ein Gleiches dürfte in Beziehung auf die Nebelflecke gelten. Manche von ihnen — wir möchten insbeſondere auf die ſogenannten planetariſchen in dieſer Beziehung aufmerkſam machen — können gar wohl im Bildungszuſtand begriffene Sonnen und Sonnenſyſteme ſein — vielleicht auch geweſen ſein, denn wir erblicken am Fixſternhimmel den gegenwärtigen Zuſtand nur in dem Falle, wo er identiſch iſt mit dem früheren, der um die Zeit des Lichts hinter uns liegt. Aber ſicherlich gehören ſie nicht alle hierher, wenigſtens nicht als ſpecielle Beiſpiele; viele, vielleicht die meiſten von ihnen, ſind entfernte Sonnenheere, uns nur wahrnehmbar durch ihren vereinigten Schimmer. Doch davon ein Mehreres in den folgenden Briefen.

XVIII.

Der Erdmond.

Kein Himmelskörper, die Sonne ſelbſt nicht ausgenommen, hat die Aufmerkſamkeit der Erdbewohner ſeit den allerälteſten Zeiten her in einem ſolchen Grade beſchäftigt, keiner ſteht zu uns in einer ſo nahen Beziehung, keiner endlich bietet ſo bequeme Gelegenheit zur Erforſchung ſeiner Eigenthümlichkeiten, als der Trabant unſerer Erde. Der allgemeinen Ordnung nach in die Claſſe der Nebenplaneten gehörend, zeichnet er ſich doch vor allen andern zum Sonnenſy-

stem gehörenden in mehrfacher Hinsicht aus. Er ist der einzige Trabant seines Hauptplaneten, er steht ihm an Größe und Masse weit näher, als irgend ein andrer dem seinigen; die Lage seiner Bahn hängt nicht, wie bei fast allen übrigen, so gut als ganz vom Aequator des Hauptkörpers ab; endlich steht er zur Sonne in einem nähern eigenthümlichen Verhältniß, während die übrigen Trabanten sich ganz und gar auf ihren Hauptplaneten beziehen.

Man hat den Ausdruck Doppelstern für zwei gleichartige, selbstleuchtende, sich physisch um einen gemeinschaftlichen Schwerpunkt bewegende Körper gebraucht; und analog dieser Bezeichnung könnte man die Erde mit ihrem Monde einen Doppelplaneten nennen. Betrachten wir ihn jetzt näher.

Er läuft — der einzige aller Himmelskörper — nicht scheinbar, sondern wirklich um die Erde, ein Punkt, worin die ältesten astronomischen Systeme mit den neueren in völliger Uebereinstimmung sich befinden; oder genauer gesprochen: um einen Schwerpunkt zwischen seinem und dem Erd-Mittelpunkte, welcher Schwerpunkt 219 Meilen unter der Erd-Oberfläche liegt; eine Tiefe die sich um 40 Meilen ins Plus oder Minus ändern kann. Um diesen Punkt läuft er (und die Erde) in einer elliptischen Bahn, deren Excentricität $^1/_{18}$ beträgt und deren kleine und große Axe sich wie 9985 : 10,000 verhalten, in einem mittlern Abstande von 51,800 Meilen innerhalb 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten $11^1/_2$ Secunden einmal herum. Doch nicht nach dieser Periode richten sich seine allgemein bekannten Erscheinungen, sondern nach einer andern von 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten $2^3/_4$ Secunden, innerhalb welcher Zeit er wieder dieselbe Stellung gegen die Linie einnimmt, welche Erde und Sonne mit einander verbindet. Dies ist die Periode der Mondsphasen, der älteste und allgemeinste Begriff des Zeitmaaßes Monat.

Sein Abstand kann sich um etwa 3000 Meilen ändern,

daher es Punkte der Erdferne und Erdnähe giebt. Ferner liegt seine Bahn weder in der Ebene der Ekliptik noch in der des Aequators; sie weicht vielmehr 5° bis 5° 18′ von jener und 18¼° bis 28¾° von dieser ab, daher es Knotenpunkte der Bahn giebt, unter denen besonders die Knoten mit der Ekliptik zu merken sind.

Alle diese Bestimmungen sind starken und ziemlich schnellen Veränderungen unterworfen, doch schwanken diese Veränderungen stets um einen mittleren Zustand herum, auf den über kurz oder lang Alles wieder zurückkommt. Die Knotenpunkte z. B. wandern innerhalb 18 Jahren 218 Tagen 21 St. 22′ 46″ um den ganzen Himmel nach rückwärts herum; die Punkte der Erdnähe und Erdferne machen diesen Umlauf schon in 8 Jahren 310 Tagen 13 St. 48′ 53″.

Diese Veränderungen und eine große Anzahl andrer, von denen hier nicht die Rede sein kann, bewirkt die Sonne, welche den Lauf des Mondes um die Erde beträchtlich stört. Da nun die Bahn des Mondes, wegen seiner Nähe und directen Beziehung auf die Erde, von uns genauer als irgend eine andre wahrgenommen werden kann, so werden auch diese Störungen in den Beobachtungen merklich hervortreten, und der Berechner wird genöthigt sein, sehr genau auf sie einzugehen. Dieser Umstand und ihre an sich sehr complicirte Natur machen die Theorie der Mondbahn zu einer so außerordentlich schwierigen, und noch über hundert Jahr nach der Entdeckung des Newtonschen Gesetzes war man weit entfernt, damit im Reinen zu sein. Erst im gegenwärtigen Jahrhundert ist durch den vereinten Fleiß französischer und deutscher Astronomen und Mathematiker die Aufgabe zwar nicht als abgeschlossen, aber doch als soweit gelöst anzusehen, daß Fehler von 10 Secunden (2½ Meilen für die mittlere Entfernung des Mondes) nicht leicht mehr vorkommen, und Sonnen- und Mondfinsternisse mit einer Genauigkeit voraus

bestimmt werden können, die nur etwa eben so viele Zeitsecunden Ungewißheit noch zuläßt.

Der Mond ist eine Kugel, und von einer Abplattung derselben zeigen weder die Beobachtungen das Geringste, noch geht eine solche aus den theoretischen Untersuchungen hervor. Diese Kugel hat einen Durchmesser von 468 1/5 Meilen, einen Umfang von 1470, einen Oberflächeninhalt von 688,635 Quadratmeilen und einen körperlichen von 53 7/10 Millionen Cubikmeilen. Mit der Erde verglichen, verhält sich der Durchmesser des Mondes zum Erddurchmesser wie 100 zu 367, die Oberfläche des Mondes zur Erdoberfläche wie 100 zu 1345, endlich der körperliche Inhalt beider Kugeln wie 100 zu 4932.

Man kann den Durchmesser der Mondkugel mit einer Linie vergleichen, die man vom nördlichsten Punkte Europa's zum südlichsten zieht; ihren Umfang mit Asiens größter Länge; ihre gesammte Oberfläche mit der Amerika's; den sichtbaren Theil derselben mit dem russischen Reiche. Wollte man sich den Gesammtinhalt der Mondkugel rings um die Erde herum gleichförmig vertheilt denken, so würde sie die Oberfläche derselben 6 Meilen hoch bedecken.

Die scheinbare Größe des Mondes, in mittlerer Entfernung gesehen, ist 31′ 8,″9 oder etwa 57″ kleiner als die der Sonne. Sie kann sich bis 29′ 22″ vermindern und auf 33′ 30″ steigen; ja selbst auf 34″ für diejenigen Erdbewohner, die ihn im Zenith haben.

Die Masse des Mondes steht zu der der Erde in einem ganz andern Verhältnisse als der Inhalt; sie ist nur 1/81 der Erdmasse. Die 49 1/2 Mondkugeln also, welche zur Anfüllung eines der Erdkugel gleichen Raumes erforderlich wären, würden nur $\frac{49\,1/2}{81}$ des Gewichts der Erde haben, welcher Bruch etwa 3/5 beträgt. Die Dichtigkeit des Mondes ist also,

mit der der Erde im Ganzen verglichen, $^3/_5$; mit der des Waſſers verglichen, $3^2/_5$.

Man kann von dieſen Zahlen, auch ohne die phyſiſche Natur des Mondes näher zu kennen, eine Anwendung auf die Fallhöhe und überhaupt auf die für die Mondoberfläche ſtattfindende Schwere machen. Man findet ſie nemlich $= \frac{13,45}{81}$ oder ſehr nahe $= {}^1/_6$ der Schwere an der Erdoberfläche. Die Fallhöhe in der erſten Secunde iſt alſo dort nicht 15, ſondern nur $2^1/_2$ Fuß; die Länge des Pendels nicht 3, ſondern nur $^1/_2$ Fuß. Soll die Geſchwindigkeit des Fallens am Ende auf beiden Weltkörpern gleich ſein, ſo muß der Körper auf dem Monde aus einer 6mal ſo großen Höhe herabfallen als hier. Wirft man einen Körper in die Höhe, und zwar mit der anfänglichen Geſchwindigkeit von 90 Fuß per Secunde, ſo wird er auf der Erde 135, auf dem Monde 810 F. hoch fliegen, hier wird er nach 6, dort erſt nach 36 Secunden wieder zur Oberfläche zurückfallen.

Der Mond bewegt ſich um ſeine Axe, und zwar weil er der Erde ſtets dieſelbe Seite zuwendet; wenn gleich Galilei und Kepler geſagt haben, er bewege ſich eben deswegen nicht um ſeine Axe. Wenn ein Körper ſich nicht um ſeine Axe bewegt, ſo wendet er einen beſtimmten Punkt ſeiner Oberfläche auch immer derſelben Himmelsgegend zu. Nun laſſe man einen Menſchen ſich um einen Baum ſo herum bewegen, daß er dabei ſtets die Sonne betrachtet, ſo wird er dem Baume ſelbſt nach und nach ſein Geſicht, ſeine Seiten und ſeinen Rücken zugewendet und ſich nicht um ſeine Axe gedreht haben. Zweitens möge eben derſelbe ſich ſo um den Baum bewegen, daß er ſtets den Baum im Auge behält, ſo wird er die Sonne bald vorn, bald rechts oder links, bald im Rücken gehabt und ſich alſo um ſeine Axe gedreht haben, nur in der eigenthümlichen Weiſe,

daß die Zeit der Rotation mit der Zeit der Umdrehung genau zusammenfällt.

In diesem letztern Falle ist nun der Mond, nicht gänzlich, aber doch beinahe. Der Unterschied besteht darin, daß der Punkt, dem der Mond stets dieselbe Seite zuwendet, nicht genau die Erdkugel selbst, sondern ein andrer Punkt innerhalb der Bahn ist, der in der Nähe des zweiten Brennpunktes derselben, etwa 5700 Meilen von der Erde entfernt, liegt, auch nicht ganz unveränderlich ist. Die Rotation des Mondes ist also nicht, wie die der Planeten, eine freie, von der Bahnbewegung unabhängige, sondern gebunden an diese; und in Folge dieser gebundenen Rotation wendet er uns beinahe immer dieselbe Seite zu, so daß uns $^3/_7$ seiner Oberfläche beständig und auf ewige Zeiten hin unsichtbar, $^3/_7$ beständig sichtbar und endlich eine ringsherumlaufende Randzone von etwa $^1/_7$ der Gesammtoberfläche abwechselnd in ihren einzelnen Theilen sichtbar ist; das Mondbild also eine Schwankung (Libration) zeigt, eben so wie ein Perpendikel keinen Kreis um seinen Aufhängungspunkt herum beschreibt, sondern hin und her sich bewegt.

Wäre die Mondbahn ein Kreis, erlitte dieser Kreis keine Störungen, und fiele er mit der Rotationsebene des Mondes zusammen: so würde uns der Mond ganz genau stets dieselbe Seite zuwenden, also eine volle Hälfte beständig unsichtbar sein und jene Randzone ganz wegfallen.

Nicht durch directe Beobachtungen, sondern durch theoretische Untersuchungen hat sich ergeben, daß die Mondkugel eine gegen die Erde hin gerichtete Verlängerung haben müsse; eine Verlängerung, die indeß nur wenige hundert Fuß beträgt, und von der also nicht blos die Erdbewohner, sondern wahrscheinlich selbst die Mondbewohner nichts unmittelbar wissen können. Ohnehin sind, wie wir weiterhin sehen werden, die physischen Unebenheiten der Mondkugel so

bedeutend, daß jene Ungleichheit dagegen als ganz unerheblich verschwinden muß.

Der Mondäquator ist nur 1° 28′ gegen die Ebene der Ekliptik geneigt. Daraus folgt, daß, was wir heiße und kalte Zone nennen, für den Mond kaum noch existirt; denn die Gegenden des Mondes, welche die Sonne senkrecht bescheinen kann, liegen innerhalb einer nur 12 Meilen breiten Zone, und diejenigen, wo sie zu Zeiten nicht unter- oder nicht aufgeht, nehmen an jedem Pole nur etwa 110 Quadratmeilen, also kaum den 3000ten Theil der Halbkugel ein.

Tag und Nacht wechseln auf dem Monde mit jedem synodischen Umlaufe. Die mittlere Dauer eines Mondtages und eben so die einer Mondnacht ist 354 Stunden 22 Minuten. Die Ungleichheiten sind verhältnißmäßig sehr gering: erst in 80° Breite hat der längste Tag 371, der kürzeste 337⅔ Stunden. An den Polen des Mondes steht die Sonne stets dem Horizont ganz nahe, und zwar 6 Monate (Tage) darüber, sechs darunter. Allein schon ein 1800 Fuß hoher Punkt am Pole ist hinreichend, um auf ihm die Sonne nie verschwinden zu sehen; und da die Gegenden, welche beide Pole umgeben, mit fünf- bis achtmal höheren Bergen reich besetzt sind, so glänzen diese Berge im ewigen Sonnenschein. Die von ihnen umschlossenen Thäler aber erhalten stets nur dies reflectirte Sonnenlicht, liegen also in einer beständigen, wenig wechselnden Dämmerung und bekommen die Sonne selbst nie zu Gesicht.

Man kann diese ewig lichten Höhen, besonders am Südpol, ganz bequem von der Erde aus wahrnehmen und sich durch directe Anschauung von der Richtigkeit des hier Gesagten überzeugen. — Ueberhaupt bekommen die Berggipfel auf dem Monde, auch in nicht polaren Gegenden, den Sonnenschein 5, 10, ja 30 Stunden früher als die Thäler und Ebenen an ihrem Fuße, und vollends bleibt das Innere der Ring-

gebirge (die wir weiterhin kennen lernen werden) oft 100 Stunden lang noch beſchattet, nachdem der Wall ſchon Sonnenlicht empfangen hat. Sehr viele und zwar beträchtlich ausgedehnte Strecken erhalten niemals Sonnenlicht, obgleich in unmittelbarer Nähe Alles davon beleuchtet iſt. Auf unſrer Erde finden ſich ſolche Gegenden höchſtens nur in ſehr engen und tiefen Gebirgsſchluchten, auf dem unterſten Grunde der norwegiſchen Fjörden u. ſ. w.

Auf der uns abgewandten Seite des Mondes ſind alle Nächte gleich und zwar völlig dunkel; auf der uns zugewendeten ſind ſie alle vom Erdenſchein erleuchtet, und zwar 13½ mal ſtärker als die Erde vom Monde. Iſt die gewöhnliche Annahme, daß das Mondlicht 1/90000 des Sonnenlichtes ſei, ſo iſt das Erdenlicht auf dem Monde 1/6700.

Die Erde ſteht beſtändig in der gleichen Gegend des Himmels einer Mondlandſchaft. Sie ſchwankt dort nur langſam hin und her, ähnlich wie uns die Mondflecke, und durchläuft ihre Phaſen ganz in derſelben Zeit und Ordnung, wie der Mond die ſeinigen für uns. Iſt der Mond für uns neu, ſo iſt die Erde für den Mond voll, iſt bei uns erſtes Viertel, ſo iſt dort letztes Erdviertel u. ſ. w. In jeder Mondnacht wiederholen ſich die Erdphaſen auf ganz gleiche Weiſe, und ſo ſind auch für die dieſſeitige Halbkugel alle Nächte einander gleich.

Ueber die Finſterniſſe haben wir bereits geſprochen; die übrigen Himmelserſcheinungen ſind für den Mond beiläufig dieſelben wie für die Erde, nur daß die tägliche Bewegung 28mal langſamer als bei uns iſt.

Dämmerung findet zwar in gewiſſer Art dort ſtatt, jedoch nur *während*, nicht *nach* dem Sonnenuntergange oder *vor* dem Sonnenaufgange. Da dieſer indeß dort über eine Stunde dauert (in den polaren Gegenden ſogar viele Stunden), ſo iſt ſie ziemlich eben ſo lang als bei uns. So wie indeß der

letzte Strahl der Sonne verschwindet, geht sie rasch in Nacht über.

Von den vier Elementen, welche die alte Physik aufführte, scheinen nicht weniger als drei dem Monde zu fehlen: wir treffen auf keine Spuren einer Luft, eines Wassers und eines Feuers, wie unsere Erde sie zeigt und selbst einem von ihr entfernten Beobachter zeigen muß. Es beweist dies zwar noch nicht gradezu deren absoluten Mangel; doch bleibt in keinem Fall eine Möglichkeit, den Mond in dieser Beziehung als einen der Erde ähnlichen Weltkörper zu betrachten. Hat er eine Luft, so muß diese so ungemein dünn sein, daß keines unsrer Erdengeschöpfe darin auszudauern vermöchte; sie könnte, wie Bessel gezeigt hat, nur etwa 1/1000 der Dichtigkeit unsrer Luft haben; es liegt aber gar kein Beweis dafür vor, daß er auch selbst dieses 1/1000 hätte. Wasserſammlungen auf seiner Oberfläche, fließendes Wasser in Rinnsalen kommen dort gleichfalls mit aller Bestimmtheit nicht vor; ob es sich in irgend einer Form unter der Oberfläche finde, können wir nicht wissen. Feuer endlich ist durch den Mangel der Luft schon ausgeschlossen, in der Art wenigstens, wie wir es kennen.

Die ältern Astronomen, die bald nach Erfindung der Ferngläser den Mond betrachteten, fanden viel mehr Aehnlichkeit zwischen Erde und Mond. Sie hielten die großen grauen Flächentheile für Meere, die kleinern, schmutzig grauen und gelblichen für Sümpfe; auch von Flüssen glaubte man Spuren anzutreffen, wunderte sich wenigstens nicht über deren scheinbaren Mangel, da sie in der That eine tüchtige Breite hätten haben müssen, um mit den damaligen Werkzeugen wahrgenommen zu werden. Berge und Thäler endlich waren in größter Menge und Mannigfaltigkeit vorhanden, und unter erstern glaubte man sogar Vulkane in nicht geringer Anzahl und von gewaltiger Kraft zu erblicken. Nichts stand

im Wege, sich zu diesem Landschaftsgemälde die Menschen, Thiere und Pflanzen hinzuzudenken und überhaupt den Mond zu einer Copie der Erde, wenn nicht gar zu einer Colonie derselben zu machen.*) Zwar schrieb schon vor 200 Jahren Riccioli als Motto über seine Mondkarte: „nec homines ibi vivere, nec plantae crescere possunt", aber man ließ sich dadurch wenig irre machen, und gab uns, theils im Scherz, theils im vollen Ernste, die ergötzlichsten Schilderungen der Geschöpfe, die auf dem Monde anzutreffen wären, wozu von Zeit zu Zeit noch Vorschläge kamen, wenn nicht zu ihnen hin zu gelangen, doch wenigstens sich ihnen verständlich zu machen.

Dem tritt nun die neuere Ansicht so unerfreulich trocken und nüchtern entgegen, realisirt so gar nichts von den großen Erwartungen, die man sich in Rücksicht der zu entdeckenden Seleniten von den großen Teleskopen und Achromaten gemacht hatte, will selbst von einer Vergangenheit oder Zukunft, in der es menschlicher auf dem Monde hergegangen sei oder hergehen werde, nichts wissen, daß man sich nicht wundern darf, wenn Viele die liebgewordenen Phantasieen nicht fahren lassen können. Allein die Gründe, auf welche sich die Behauptung einer so wesentlichen Ungleichheit der Erde und des Mondes stützt, sind zu unabweisbar und zu bestimmt, als daß man zweifelhaft bleiben könnte. Der

*) Ein bekannter, phantasiereicher Schriftsteller unsrer Tage eröffnet den Erdbewohnern die angenehme Perspective, daß der Mond einst auf unsere Erde herabstürzen und dem Drittel der Menschen, das aus dieser Katastrophe sich rettet, die überaus interessante persönliche Bekanntschaft der „Meneen" verschaffen werde. Umgekehrt finden wir bei einigen Schriftstellern des 18. Jahrhunderts die Meinung, der Mond sei aus der Erde hervorgegangen und habe da gelegen, wo jetzt das stille Meer sei. Auf diese Weise würde er von Malaien bevölkert sein! Ohe jam satis! —

Umstand, daß wir die Mitte und den Rand des Mondes in völlig gleicher Deutlichkeit erblicken, ist nur dann erklärlich, wenn man annimmt, daß kein lichtschwächendes Medium den Mond umgebe, und eben diese Schärfe des Randes, so wie das plötzliche und rechtzeitige Verschwinden und Wiederhervortreten der vom Monde bedeckten Fixsterne, spricht eben so bestimmt gegen eine strahlenbrechende Umhüllung. Nun ist aber sowohl unsre atmosphärische Luft als auch jede bekannte Gasart lichtschwächend und strahlenbrechend, und eben so der Wasserdampf, folglich umgiebt keine solche Gasart in irgend merklicher Quantität den Mond, und kein Wasser kann sich aus dem etwa doch vorhandenen niederschlagen.

Man kann aber noch weiter gehen. Selbst wenn Luft, Wasser und Feuer auf dem Monde wie auf der Erde vorhanden wären, es würden dennoch keine Menschen auf dem Monde leben können, und zwar schon allein wegen des gänzlich verschiedenen Verhältnisses der Schwere. Unsre Muskeln, unser ganzer Gliederbau sind für das hier bestehende Maß der Schwerkraft berechnet und für ein sechsmal geringeres eben sowohl als für ein beträchtlich größeres unpassend. Ein funfzehntägiges Wachen und beiläufig eben so langes Schlafen könnte für uns eben so wenig Sache der Gewöhnung, dauernde Lebensordnung werden. Und was von uns Menschen in dieser Beziehung gilt, dürfte auch für die meisten Thiere und Pflanzen stattfinden. Der Mond steht räumlich der Erde am nächsten; seiner eigenthümlichen Beschaffenheit nach aber weit von ihr entfernt. Bei weitem ähnlicher mögen die benachbarten Hauptplaneten, wie Venus und insbesondere Mars, unsrer Erde sein.

Damit soll aber nicht in Abrede gestellt werden, daß der Mond bewohnt sein könne. Die allgemeinen, allerdings mehr philosophischen als astronomischen Gründe, welche uns

in den fremden Weltkörpern überhaupt Wohnplätze für lebende Wesen erblicken lassen, behalten ihre volle Gültigkeit auch für den Mond. Nur begnüge man sich mit dieser Ueberzeugung und erwarte nicht, die Formen des individuellen Lebens, welche uns als die einzigen bekannt sind, überall im Weltsysteme realisirt zu sehen. Hat ja doch schon hier jedes Klima, jede Erdgegend eigenthümliche, ihrer besondern Stellung angemessene lebende und leblose Geschöpfe; warum soll nicht um so viel mehr jeder Weltkörper seine besonders organisirten Bewohner haben?

XIX.

Beschreibung der Erde und ihrer Bewohner

von einem Mondbewohner.

Vorbemerkung.

Die Astronomie soll Wahrheiten lehren, und sie soll dies in ernster, würdiger Sprache. Sie soll den Himmel nicht zum Tummelplatz von Phantasieen machen und sich von allen der Wissenschaft fremden Tendenzen fern halten. Was indeß unsre Mutter Erde betrifft, so sind wir es schon gewohnt, auch in andrer Weise von ihren Begegnissen unterhalten zu werden, und so möge denn auch hier ein Capitel, „Dichtung und Wahrheit" betitelt, seine Stelle finden.

Die hier folgende Beschreibung bildete den Gegenstand eines Vortrags, gehalten in einer öffentlichen Sitzung des kosmo-selenographischen Vereines auf dem Monde, in einem Ringgebirge unter 9° nördlicher Breite und 19½ östlicher Länge. Der Redner hatte eine Zeit lang die Erde besucht und erstattete über seine dort gemachten Erfahrungen Bericht.

„Hochgeehrte Herren Seleniten!“

„Sie haben mich aufgefordert, den gewaltigen über unſern Häuptern ſchwebenden Ball, der die Uhr unſrer Tage und die Sonne unſrer Nächte bildet, und den ich näher zu erforſchen Gelegenheit hatte, zum Gegenſtand meiner Rede zu wählen. Ich hoffe Ihren Wünſchen zu entſprechen, werde mich aber an dieſer Stelle kurz faſſen müſſen. Wir ſtehen bereits in der 220ten Stunde des heutigen Tages, mehrere wichtige Arbeiten ſind noch in der gegenwärtigen Zuſammenkunft zu erledigen und Viele von ihnen, deren Heimath in der Halbkugel der dunkeln Nächte liegt, wünſchen gewiß dieſe noch zu erreichen und ihre Reiſe zu beendigen, bevor die Sonne Ihnen untergeht. Ich ſchweige deshalb von meiner Hin- und Rückreiſe, da ich nur über meinen dortigen Aufenthalt ſprechen will, und bemerke nur, daß ich es viel ſchwerer fand von dort hierher, als von hier dorthin zu gelangen. Die Gewalt, mit der die Erde alles in ihren Bereich Kommende an ſich reißt und feſthält, leidet gar keine Vergleichung mit dem ſanften Zuge, den wir von unſerm Weltkörper gewohnt ſind. Dieſes gewaltige Anſichziehen, welches der Planet ausübt, dürfte auch wohl für das eifrige Beſtreben ſo vieler ſeiner Bewohner, gleichfalls Alles an ſich zu reißen und nichts wieder fahren zu laſſen, die beſte Erklärung abgeben.

Daß ich mich auf der Erde behaglich und wohl befunden, kann ich nicht behaupten. Die größte Widerwärtigkeit war für mich die große Langſamkeit und Schwerfälligkeit aller Bewegungen und die Unmöglichkeit, viele derſelben auszuführen, die hier ganz leicht und gefahrlos ſind. Ein ganz mäßiger Sprung, wie wir ihn täglich machen, würde dort den Tod zur Folge haben, ſo ſchnell und heftig geſchieht das Aufſchlagen auf den Boden. Ohne dieſen Umſtand müßte

es sehr leicht sein, auf der Erde nach Belieben und in kurzer Zeit alle Gegenden zu besuchen, da der Boden weder sehr hart noch von irgend bedeutenden Unebenheiten bedeckt ist. Die Berge sind nicht häufig, und wenn auch einige wenige sich bis zur Höhe unsrer Berge erheben, so sind sie doch durchaus nicht steil, und ich bin auf manchen ziemlich hohen gewesen, die mir gar nicht wie Berge aussahen. Trotz dieses scheinbar so bequemen Terrains kostet es aber unsägliche Mühe, einen nur etwas bedeutenden Berg zu ersteigen, ja ich kann versichern, daß selbst Gefahr damit verbunden ist, und daß mir nicht wenige als unersteiglich — entschuldigen Sie das ungewohnte Wort, aber Sie werden noch mehrere dergleichen hören müssen — bezeichnet wurden.

Es wäre wahrlich auf der Erde kaum fortzukommen, wenn ihre Bewohner nicht bemüht gewesen wären, und sich fortwährend aufs Aeußerste bemühten, durch künstliche Veranstaltungen, die ihrem Scharfsinn alle Ehre machen, die nothwendigen Bewegungen zu erleichtern und zu beschleunigen und die dort eigenthümlichen Hindernisse zu besiegen, von denen ich später sprechen werde. Ich habe mir einige Modelle solcher Einrichtungen mit gebracht, obgleich wir keinen praktischen Gebrauch davon machen werden, da uns von der Natur selbst Besseres gewährt ist. Es sind dies ein Wagen, eine Dampfmaschine, ein Schiff, eine Brücke und eine Treppe. Dem technischen Comité werde ich diese Ihnen fremden Ausdrücke und Gegenstände zu erläutern suchen.

Zu demselben Zwecke haben sie bestimmte Richtungslinien ausgewählt, auf denen sie sich fortbewegen und die sie überhaupt selten verlassen. Auf diesen Linien ist der Boden künstlich geebnet, befestigt und auf sehr mannigfaltige Art zur Beförderung der Bewegung eingerichtet.

Ich kann diesen Gegenstand nicht verlassen, ohne eines wunderbaren Körpers zu gedenken, den ich auf der Oberfläche

der Erde mehr als irgend einen andern verbreitet fand. Sie sehen deutlich eine graue, gleichartige Färbung sich über den größten Theil der Erde verbreiten, und alle diese Theile bestehen ganz aus dem eben erwähnten Körper. Er hat gar keine bestimmte Form, ändert sie vielmehr in jedem Augenblick nach Umständen, ist so überaus weich, daß man ohne Widerstand hineingreifen, ja sich hineinbegeben kann. Auf ihm zu gehen ist ganz unmöglich, und in ihm sich fortzubewegen gefährlich; denn wird man ganz von ihm umgeben, so kann es den Tod zur Folge haben. Wo man ihn hinwirft bleibt er nicht liegen (es müßte denn eine Vertiefung da sein), sondern er läuft auseinander und ist dann kaum mehr wiederzufinden. Da er fast nie in Ruhe ist, so hat er sich eigne vertiefte Wege gebahnt, die er anfüllt und in denen er sich fortschiebt. Auch ist er durchsichtig und die Erdbewohner machen sehr mannigfaltigen Gebrauch von ihm, ja behaupten, er sei ihnen schlechterdings unentbehrlich und man könne da nicht leben, wo man ihn nicht finde. Ich muß der einstimmigen Versicherung der Erdbewohner in diesem Punkte Glauben schenken, so unbegreiflich mir und Ihnen die Sache auch sein mag.

Dieses „Wasser" nun macht ganz eigene Einrichtungen nöthig, um nicht in der Fortbewegung durch dasselbe gehemmt zu werden, durch Hülfe dieser Einrichtungen aber ist es sehr leicht. Das Wasser verändert aber nicht blos seinen Ort auf der Erde, sondern scheint auch theilweise gleichsam zu verschwinden, womit es aber wieder sein eignes Bewenden hat. Blicken Sie hinauf zur Erde, und Sie werden die Ihnen längst bekannten grauen Massen wahrnehmen, die auf ihrer Oberfläche herumziehen und noch viel veränderlicher sind, als die Sonnen- und Jupitersflecke. Diese Massen enthalten das scheinbar verschwundene Wasser, aber in ganz andrer Form. Es ist von der die Erde umgebenden Luft, deren Vorhanden-

sein und sehr bedeutende Dichtigkeit wir von hier aus ganz gut wahrnehmen, aufgenommen und aufgelöst, und fällt dann von Zeit zu Zeit wieder herab, theils als gewöhnliches, in kleine Kugeln getheiltes Wasser, theils in einer mehr körperhaften und festen Gestalt, oder auch als eine weiße flockige Masse.

Ich merke, Ihre reizenden Vorstellungen von der großen Erde und dem Aufenthalt auf derselben sind schon sehr herabgestimmt, und Sie werden es kaum begreifen, wie Geschöpfe unter solchen Umständen noch leben und sich sogar wohl befinden können. Doch muß ich hinzufügen, daß sie Veranstaltungen getroffen haben, sich so widerwärtigen und schnell wechselnden Einflüssen nach Möglichkeit zu entziehen. Sie umgeben große Räume mit einer sehr festen Masse rings herum, theilen sie durch ähnliche Massen in kleinere Räume, wie sie sie gerade bequem finden, ab, und halten sich den größten Theil der Zeit hindurch in diesen auf. Ich fand es in solchen Räumen freilich sehr beengt und drückend, blieb aber doch nothgedrungen darin und würde mich auch wohl mit der Zeit daran gewöhnt haben. Einige Male hätte ich jedoch dabei übel ankommen können, wenn ich mich an solchen Orten von oben nach unten bewegen wollte, und vergaß, daß ich auf der Erde sei, wo man dies viel künstlicher und vorsichtiger bewerkstelligen muß als bei uns.

Diese Räume stehen nun gewöhnlich nicht vereinzelt, sondern oft zu mehreren Tausenden in langen Reihen beisammen; und je mehr ihrer an Einem Orte sind, desto größere Kunst und Emsigkeit haben sie darauf verwendet. Sie bilden sich auch nicht wenig darauf ein, und beeiferten sich sehr, sie mir von außen und innen zu zeigen und mir Bewunderung abzunöthigen. Doch ich würde kein Ende finden, wollte ich alle die mannichfaltigen Veranstaltungen beschreiben, wodurch sie sich gegen die dort so feindliche und ungünstige Natur schützen

und ihren Verwüſtungen Schranken ſetzen; und je länger man ſich dort aufhält, deſto mehr überzeugt man ſich von der Zweckmäßigkeit auch ſolcher Dinge, von denen man anfangs gar nicht begreift, wie die Erdbewohner darauf verfallen konnten. Merkwürdiger Weiſe aber haben ſie ſich in den Kopf geſetzt, es müſſe in der ganzen Welt und insbeſondere bei uns, ihren nächſten Nachbarn, eben ſo oder doch beinahe eben ſo ſein. Sie haben ſich unſägliche Mühe gegeben, mit großen künſtlichen Sehwerkzeugen auf unſerm Monde nachzuſuchen, um ähnliche Gegenſtände aufzufinden, und wollen nicht eher an unſre Exiſtenz glauben, bis ihnen dies gelingt. Seltſamer Hochmuth, ſein eignes Thun und Treiben, Denken und Meinen dem ganzen Univerſum als Muſter zur Nachahmung aufſtellen zu wollen! Ich verſicherte ihnen auf ihr eifriges Befragen, daß wir ganz andre Dinge zu thun hätten, und daß wir, wenn es unſer Schickſal geweſen wäre, auf einem eben ſo wie der ihrige organiſirten Weltkörper zu wohnen, wir auch wohl, durch die Nothwendigkeit getrieben, zu ſolchen Werken geſchritten ſein würden. Denn daß wirklich nur die harte Nothwendigkeit den Anſtoß zu dieſen Arbeiten, worauf ſie ſo ſtolz ſind und mit denen ſie ſich fortwährend abmühen, gegeben habe, ſieht man deutlich daran, daß in Gegenden, wo die Ungunſt der Natur ſich weniger fühlbar macht und Alles ruhiger und gleichmäßiger verläuft, auch auf alle ſolche Dinge viel weniger Fleiß verwandt wird, wenn ſie nicht gänzlich unterlaſſen werden.

Unter ihren Einrichtungen iſt jedoch eine, bei der es mir trotz alles Nachdenkens und Nachfragens nicht gelungen iſt, den geringſten vernünftigen Zuſammenhang zu entdecken. Sie haben nemlich eine Menge kleiner runder und ſehr harter Scheiben, weißlich oder röthlich, und mit verſchiedenen künſtlichen Figuren bezeichnet, die alle Augenblicke aus einer Hand in die andre gehen, oft mit großer Feierlichkeit gegeben und

empfangen und mit einer Sorgfalt und Aengſtlichkeit verwahrt werden, von der Sie ſich keinen Begriff machen können. Nie habe ich auch nur den allerunbedeutendſten wirklichen Gebrauch davon machen ſehen, und doch giebt man die nützlichſten und werthvollſten Dinge dafür mit ſichtlicher Freude hin. Vielleicht gelingt es einem künftigen Erdreiſenden, hinter das Geheimniß zu kommen.

Ich war ſchon beim Beginn meiner Reiſe darauf gefaßt, meine aſtronomiſchen Kenntniſſe, mit Ausnahme der der Erde ſelbſt, nicht eben durch ſie vermehrt zu ſehen, und ſo fand ich es denn auch. Allen Reſpect vor ihren theoretiſchen Unterſuchungen; mit ihrer praktiſchen Kenntniß des Univerſums aber ſieht es traurig aus. Wie könnte es aber auch anders ſein. Ich habe dort viel von blauem, reinem, heiterm Himmel reden hören; geſehen habe ich ihn nie. Mir kam auch der „heiterſte" noch immer bleich und trüb vor; nirgend Licht und Schatten gehörig geſondert, Alles verſchwimmt in einander, wird undeutlich und zitternd. Einen großen, vielleicht den größten Theil der Zeit hindurch iſt nun vollends gar nichts am Himmel zu ſehen; die grauen Maſſen bedecken Alles rings herum, man ſieht nicht einmal die Sonne und doch nennen die Erdbewohner dies einen Tag! Es iſt aber auch mit der Nacht meiſtens eben ſo beſchaffen und ſelbſt in den beſten habe ich Gegenſtände vergebens geſucht, die wir hier ohne Mühe ſehen. Nur auf hohen Bergen — wo ich mich überhaupt der etwas weniger dicken und ſchweren Luft wegen ſtets am wohlſten befand, — gewinnt der Himmel in ſeltnen Fällen ein Anſehen, das ihn dem unſrigen näher bringt und etwas mehr vom Univerſum ſehen läßt. Als ich die Erde verließ, waren meine Augen durch dieſe ewige graue Dämmerung ſo verwöhnt und geſchwächt, daß es mir Mühe machte, wieder ein reineres Licht anzuſchauen.

Und nun zu allem dieſen noch die Kürze der Tage und

Nächte! Ich bin erst hier wieder recht zur Besinnung gekommen, denn auf der Erde hatte ich kaum begonnen, meine Gedanken zu ordnen, und mich auf einen Gegenstand vorzubereiten, so war auch der Tag schon vorüber. Nachts hatte ich einen Himmelskörper kaum recht ins Auge gefaßt, so ging auch schon wieder die Sonne auf. Namentlich in der kälteren Zeit (das Jahr theilt sich dort sehr merklich in eine warme und eine kalte Hälfte) war eigentlich gar nicht Tag und Nacht, sondern nur der Wechsel zwischen einer etwas helleren Dämmerung und einer etwas dunkleren. Ich gab es bald auf, dort den Himmel zu betrachten.

Unter solchen Umständen ist es denn eigentlich nicht der Erdbewohner Schuld, daß ihre Himmelskunde eine so dürftige und lückenhafte ist. Das Weltgesetz ist vor noch nicht 200 Jahren bei ihnen zuerst entdeckt worden. Von den Planeten kennen sie 11, und zwar ist Uranus ihr letzter. Die Fixsterne erscheinen zu bleich und unruhig und ziehen so rasch vorüber, daß sich ihnen wenig abgewinnen läßt. Mit unserm Monde haben sie sich viel Mühe gegeben, freilich aber auch manche wunderliche Fabeln über ihn verbreitet. Eifrig fragten sie mich, wie die jenseitige Halbkugel aussehe. „Ziemlich eben so wie die diesseitige," entgegnete ich und konnte nicht unterlassen, ihnen zu zeigen, daß sie dies auch ohne mich hätten wissen können.

Aber auch ihren eignen Wohnort kennen sie schlecht, und es giebt Gegenden, wo noch Niemand gewesen ist, die noch Niemand gesehen hat. Seine beiden Pole zu erreichen, haben sie große Gefahren bestanden, ohne bis jetzt zum Ziele zu gelangen, während wir sie alle Tage ohne Mühe sehen. Weite Regionen, von denen wir längst ein vollständiges Bild besitzen, sind auf ihren Karten noch terra incognita.

Bei einem so unvollkommnen Zustande ihrer Kenntnisse von der Welt darf es nicht Wunder nehmen, wenn man

mitunter seltsamen Meinungen begegnet. So behaupten sie, Steine zu besitzen, die ihnen unser Mond zugeschickt habe. Man wollte wissen, daß sie aus den „Vulkanen" des Mondes ausgeworfen und bis zu ihnen geflogen seien. Ich bat um eine Erklärung des mir unbekannten Gegenstandes und erfuhr, daß es Berge mit kraterähnlichen Oeffnungen seien, aus denen von Zeit zu Zeit heiße Massen aller Art, unter andern auch große Steine, ausgeworfen und mit großer Gewalt emporgeschleudert würden, und sie behaupteten, solche Vulkane im Monde gesehen zu haben. Jetzt ließ ich mir einen solchen von ihnen zeigen, und wie groß war meine Verwunderung, als sie gerade auf die Umwallung, in der wir uns jetzt befinden, hindeuteten! Sie nannten dies Ringgebirg Kopernicus nach einem ihrer Astronomen, und wollten die Ausbrüche selbst gesehen haben. Nun konnte ich doch nicht umhin, ihnen zu sagen, diese Landschaft sei eine so stille und friedliche, wie es kaum irgend eine auf ihrer ganzen Erde gebe. Was sie gesehen, dürfte nichts weiter gewesen sein, als der starke Reflex des Sonnen- oder Erdenscheines von den großen gewölbten Wällen, und eben so möchte es sich auch mit den übrigen vermeintlichen Vulkanen verhalten, die unser Mond ihnen angeblich zeigt. Da nun gleichzeitig eine andre Meinung über den Ursprung dieser vom Himmel gefallenen Steine sich geltend machte, die — wahr oder nicht wahr — doch die Aufmerksamkeit von diesen „Mondvulkanen" ablenkte, so war ich aus einer kritischen Lage befreit. Denn es liefen Erzählungen um, wonach Menschen von solchen Steinen erschlagen und mehrfacher Schade angerichtet worden war, und ich lief Gefahr, dafür verantwortlich gemacht zu werden. Wie wenig sie einander selbst schonten, hatte ich bei vielen Gelegenheiten zu meinem nicht geringen Erstaunen erfahren: wie hätte ich für mich auf Nachsicht rechnen dürfen!

Wir erblicken die Erde wechselsweise um den einen

und den andern Pol herum in weißer Farbe, so oft uns ein Durchblick durch ihre dicke Lufthülle gestattet ist, und sehen deutlich, daß diese weißen Regionen in beständigem gegenseitigen Wachsen und Abnehmen begriffen sind. Diese Allen bekannten Thatsachen finden nun ihre lang erwartete Erklärung in jener vorhin bemerkten weißen flockigen Masse, die in ungeheurer Menge auf den Boden herabfällt. Während der kalten Jahreszeit — denn auf der Erde unterscheiden sich nicht blos Tag und Nacht, sondern weit mehr noch Winter und Sommer — bleibt diese Masse liegen und häuft sich immer mehr an; sobald es wieder wärmer wird, löst sie sich auf und verschwindet vom Boden.

Aus den gleichen Ursachen erklären sich auch die Verschiedenheiten der Farbe, welche Sie an den meisten Gegenden der Erde bemerkt haben, nach den verschiedenen Jahreszeiten. Der Boden bringt dort in der wärmern Jahreszeit eine Menge Erzeugnisse hervor, die in der kalten wieder vergehen.

Die Astronomen unter Ihnen haben berichtet, daß sie zuweilen an einzelnen Stellen stark glänzende Punkte wahrgenommen, die bald darauf blasser wurden und wieder verschwanden. An einigen dieser Punkte ist die Erscheinung nur einmal, an andern wiederholt beobachtet worden. Auch davon kann ich Ihnen jetzt Rechenschaft geben. Hauptsächlich sind es zwei wesentlich verschiedene Vorgänge, die zu diesem Phänomen Veranlassung geben. Einestheils die früher erwähnten Vulkane, von denen nach der Behauptung mancher Erdbewohner unser Mond ganz voll sein soll, und die wir gleichwohl erst auf der Erde kennen lernen können. Das Feuer bricht dort, sobald es an die Luft tritt, in lichte Flammen von ungemeiner Stärke aus, und aus den Oeffnungen gewisser Berge kommen sie zu Zeiten mit solcher Heftigkeit hervor, daß selbst die daran gewöhnten Erdbewohner in Schrecken gerathen. Bei solchen Bergen wiederholt sich

die Erscheinung, wenn auch erst nach langen Jahren. Andre Lichtpunkte rühren zwar ebenfalls von solchen Flammen her, die aber nicht aus dem Innern der Berge kommen. Das Feuer ist auf der Erde ein sehr gefährlicher Gegenstand, mit dem man äußerst vorsichtig umgehen muß. Kommt es mit gewissen Dingen in Berührung, so breitet es sich aus und kann dann, besonders wenn es sich in den oben erwähnten umschlossenen Aufenthaltsräumen verbreitet, ungeheuern Schaden stiften und weit und breit Alles in kurzer Zeit zu Grunde richten.

Sie sehen hieraus, daß das Leben auf der Erde manche Gefahren bietet, von denen wir befreit sind und uns nur schwer einen Begriff machen können. Ich könnte noch Manches hinzufügen, was dazu dienen könnte, den Aufenthalt auf der Erde in einem weit ungünstigern Lichte erscheinen zu lassen, als unsre Dichter es sich träumen lassen, die nicht müde werden, die große, schöne, milde, friedliche Erde zu besingen und ihr sanftes Licht zu preisen. Doch ich mag ihnen die Freude nicht ganz und gar verderben und nicht unterlassen, zu bemerken, daß trotz aller von mir geschilderten Schwierigkeiten, Unbequemlichkeiten und Gefahren die Erdbewohner sich doch im Allgemeinen ganz wohl zu befinden scheinen. Ihr Körperbau, ihres Sinneswerkzeuge, ihre Gedanken und Empfindungen sind für einen solchen Aufenthaltsort eingerichtet, und sie würden gewiß, wenn sie jemals unsern Mond besuchten, sich hier eben so sehr oder in noch höherem Grade unbehaglich fühlen als wir auf der Erde. Wenn es dort wie hier sein sollte, wozu hätte es denn zweier getrennter Weltkörper bedurft? Sie könnten ja dann weit bequemer, und zu beiderseitigem Vortheil, einen einzigen ausmachen. Die Mannichfaltigkeit der Natur ist unerschöpflich und viel größer, als wir sie uns vorstellen. Gewiß eignet sich die Erde für ihre Bewohner, trotz der großen Verschiedenheit, eben so gut

als der Mond für uns, und als jeder Weltkörper für seine Insassen sich eignet.

So hoffe ich denn, hochverehrte Anwesende, Ihre früheren Ansichten über die große Erde in manchem wesentlichen Punkte berichtigt zu haben, wenn es mir auch bei der Fremdartigkeit des Gegenstandes oft an den geeigneten Ausdrücken gefehlt haben sollte, und meine Darstellung nothwendig eine unvollständige ist. Sie werden den gewaltigen Ball dort oben von jetzt ab mit andern Gefühlen betrachten als früher, und das Idyllische und Sentimentale wird vor der gar nicht sehr poetischen Wirklichkeit zurücktreten müssen. Aber Sie haben sich ja die Erforschung der Wahrheit zum Ziele gesetzt, und diese muß Ihnen über Alles gelten. Freuen Sie sich, meine Genossen dieser Halbkugel, noch recht lange und in froher Gesundheit des milden Lichts der, trotz aller ihrer Unvollkommenheiten und Seltsamkeiten, schönen Erde, und blicken Sie noch oft zu ihr hinauf. Ihnen aber, die in der Hemisphäre der dunkeln Nächte ihre Heimath finden und im Begriffe stehen, uns heut noch zu verlassen und heimzureisen, möge mein heutiger Vortrag Veranlassung werden, recht oft zu uns zurückzukehren, um sich mit uns eines Anblicks zu erfreuen, der Ihnen daheim versagt ist, und für ewige Zeit versagt bleiben wird."

XX.

Ueber die Mondgebirge.

Um einem möglichen Mißverstande, der wenigstens zu Anfang irre leiten könnte, gänzlich vorzubeugen, sei hier bemerkt, daß nicht die Montes lunae des Plinius im Innern

von Afrika, ſondern die um 50,000 Meilen weiter entfernten unſers nächtlichen Trabanten gemeint ſind. Von jenen wüßte ich, obgleich ſie der Erde angehören, den Leſern wenig zu erzählen, und verweiſe ſie wegen dieſes Wenigen auf Bruce, Brown und Salt; von den letztern hat uns das Fernrohr eine Kenntniß verſchafft, die, wenn ſie auch in vielem Betracht eine einſeitige genannt werden kann, doch diejenige weit hinter ſich zurückläßt, welche wir von vielen Gebirgen unſerer Erde, und namentlich faſt von allen des afrikaniſchen Continents beſitzen.

Denn die Geographen, welche unſern Wohnort zu beſchreiben haben, ſind nicht ſo glücklich, wie die Annographen auf dem Ringſyſteme Saturns, die nur eine Höhe zu beſteigen und ihr Fernrohr zu wenden brauchen, um faſt die ganze Ringfläche mit Einem Male zu überſchauen und zu erforſchen. Uns iſt eine Kugelfläche zum Wohnort angewieſen, und bei Unterſuchung derſelben leiſtet uns das Fernrohr nur ſehr beſchränkte Dienſte; wir müſſen uns, ſobald es ſich nicht um ſehr kleine Entfernungen handelt, in die zu erforſchenden Gegenden perſönlich hinbegeben, und dies iſt, wie die Leſer wiſſen werden, gar oft eine ſehr mißliche Sache, daher man wünſchen möchte, daß die Alten Recht behalten hätten, wenn ſie die Erde zu einer Scheibe, noch dazu mit rings herum erhöhtem Rande, damit der Ocean nicht überlaufe, oder zu einer kurzen Säule machten. Dann könnten wir von den Bergen unſers Harzes und Rieſengebirges aus den Chimboraſſo und Dhawalagiri meſſen, und uns nebenher das Vergnügen machen, durch Hülfe unſers guten Refractors dem Bombardement von St. Jean d'Acre oder der Eroberung der Inſel Tchuſan zuzuſchauen.

Allein die Erde iſt leider eine Kugel, und deshalb müſſen wir zu Reiſebeſchreibungen und Zeitungen unſre Zuflucht nehmen, die überdies beide nicht in dem Rufe der ſtrengſten

Wahrhaftigkeit stehen. Unsere Fernröhre, für die wir auf der Erde, wenn wir die geodätischen Messungen ausnehmen, wenig wissenschaftliche Beschäftigung finden, richten wir gegen den Himmel und erforschen den Mond und die Planeten, die freilich ebenfalls Kugeln sind, von denen wir aber uns glücklicherweise in so bedeutender Entfernung befinden, daß dieser Umstand ihrer Ueberschaulichkeit kein Hinderniß in den Weg setzt. Glücklicherweise, sagte ich; denn stände der Mond z. B. 100 Meilen statt 50,000 Meilen entfernt, so möchten wir ihn zwar im Einzelnen weit genauer als jetzt kennen, aber auch wir würden ihm besser bekannt werden, und ob die Schauspiele, die wir ihm darböten, zur Vermehrung der Achtung beitragen würden, die er vor der Erde, seiner Herrin und Gebieterin, doch nothwendig haben muß — dies mögen meine Leser bedenken.

Freilich entbehren wir unsererseits auch das Vergnügen, mit den Seleniten nähere Bekanntschaft zu machen und ihren Beschäftigungen zuzuschauen, was gewiß im höchsten Grade interessant wäre. Wie es jetzt steht und auch wohl immer stehen wird, ordnet jeder Planet und Mond seine inneren Angelegenheiten selbst, keinem noch so mächtigen Nachbar kann es einfallen, zu interveniren, und wir sind aller der unangenehmen Verwickelungen überhoben, die ohne Zweifel daraus entstehen würden.

Desto ungestörter und unbefangener können wir uns der Betrachtung dessen überlassen, was die schaffende Natur im Großen darbietet, und von diesen allgemeinen und umfassenden Anschauungen ausgehend, können wir auch versuchen, die einzelnen Bildungen, die sich auf der Oberfläche der Weltkörper zeigen, etwas näher zu erforschen. Vorzugsweise aber sind es die Gebirge unseres Mondes, deren Ausdehnung, Gestalt, Gliederung und Höhe zu

erforschen auf sicherem Wege, freilich nur mit mäßiger Genauigkeit, uns gestattet ist.

Berge und Thäler auf dem Monde vermutheten schon die Alten, die ihr Auge nicht zu bewaffnen verstanden. Schon die großen Unterschiede des Lichtreflexes der einzelnen Theile, die bei einer vollkommen glatten Kugel sich schwerlich so zeigen würden, mehr aber noch die Bemerkung, daß der innere Rand (die Lichtgrenze) des nicht voll erleuchteten Mondes keine so scharfe Abrundung als der äußere zeigt, mußten sie darauf führen. Gleichwohl begegnen wir neben dieser naturgemäßen Ansicht so wunderlichen und unbegreiflichen Meinungen, daß man zur Ehre der alten Philosophen glauben muß, sie seien nicht in dieser Gestalt von ihnen ausgegangen, sondern spätere Entstellungen unwissender Scholiasten und Commentatoren.

Die Erfindung des Fernglases mußte sehr bald allen Zweifeln über diesen Gegenstand ein Ende machen. Alle wirklichen Beobachter des Mondes, von Galilei an sprechen aufs Entschiedenste von den Mondgebirgen, und wahrscheinlich ist Bettinus der Letzte, der an ihrer Existenz gezweifelt, und die nicht mehr zu läugnenden Beobachtungen von isolirten Lichtpunkten in der Nachtseite des Mondes auf andere Weise, durch bloße Verschiedenheiten in der Stärke der Lichtzurückwerfung, zu erklären versuchte. Schon Hevel vor fast 200 Jahren verzeichnete nicht allein die Mondberge, sondern unternahm auch, ihre Höhe zu bestimmen, und bedenkt man die große Unvollkommenheit der mechanischen und optischen Hülfsmittel seiner Zeit, so muß man gestehen, daß seine Resultate, die übrigens nur drei Berge des Mondes betreffen, noch gut genug mit den neueren, durch bessere Methoden und Hülfsmittel erhaltenen, übereinstimmen. Wir werden weiter unten auf seine Verfahrungsart zurückkommen.

Die Formen der Oberfläche, also ihre Gebirge und

Thäler, sind in der That fast das Einzige, was wir mit Sicherheit und in einer gewissen äußern Vollständigkeit von unserem Trabanten wahrnehmen können. Die verschiedenen Farben- und Lichttöne sind zwar ebenfalls Gegenstand unserer Beobachtung, allein ihre Deutung hat Schwierigkeiten, die wir wohl nie ganz zu heben im Stande sein werden. Noch mißlicher aber steht es mit den Beobachtungen, durch die man versucht hat, eine Mondatmosphäre, Wasserbedeckung, Vegetation, vulkanische Ausbrüche, Spuren von künstlichen Werken u. dergl. auf dem Monde nachzuweisen, wiewohl man eine lange Zeit hindurch die größte Aufmerksamkeit auf diese Gegenstände gerichtet hat, und ihnen auch auf die Spur gekommen zu sein glaubte. Wo wir blos sehen, und zwar blos von Außen, in so großer Ferne und noch überdies einseitig sehen, werden wir über die innere Beschaffenheit eines Gegenstandes zu keinem sichern Schlusse jemals gelangen; und man wird aus Beobachtungen dieser Art gewöhnlich Alles folgern können, was man will, sobald man gewisse Voraussetzungen macht. Ganz anders ist es mit dem, was wir zeichnen und messen können — mit den räumlichen Dimensionen und Formen der Mondgebirge.

Wohl giebt es *großartigere* Gegenstände an unserem Firmamente, und ein Nebelfleck, den wir in Myriaden Sonnen auflösen, führt zu erhabneren und umfassenderen Betrachtungen, als ein Berg oder Krater der Mondfläche; — aber einen *schöneren* Anblick, als diese letztere, im ersten oder letzten Viertel betrachtet, uns darbietet, sucht man vergebens am ganzen Himmel. Alles erscheint, wenn man ein gutes Fernrohr von hinreichender optischer Kraft anwendet, in einer so überraschenden, prachtvollen Deutlichkeit, und so bestimmt hervorgehoben, wie man es selbst bei terrestrischen Objecten nicht gewohnt ist, und das Schauspiel des Sonnen- Auf- und Unterganges über einem der größeren Gebirge unseres

Nachbarplaneten vermöchte ſelbſt den, der an den Lehren der Aſtronomie ſonſt wenig Antheil nimmt, leicht eine Nacht hindurch ans Fernrohr zu feſſeln.

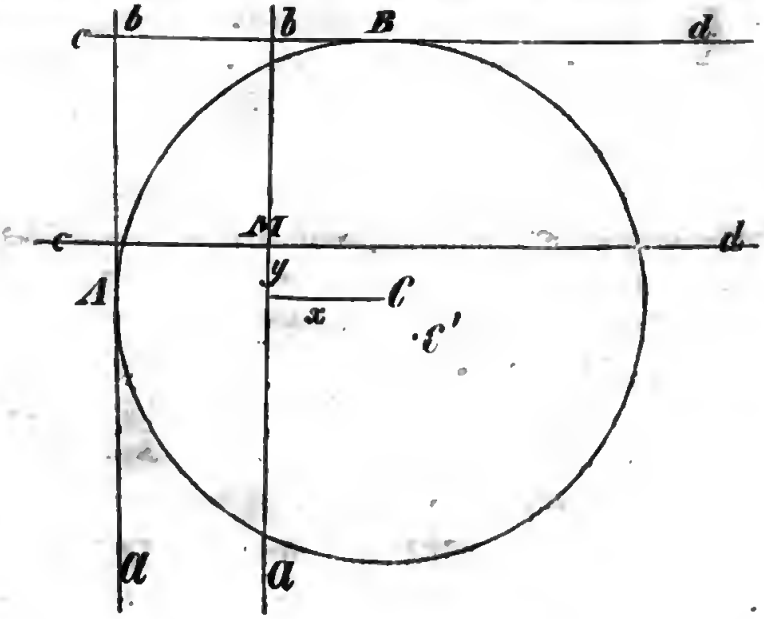
Ein ſehr gewöhnlicher Irrthum derer, die ſich darum bemühen, den Mond in einem großen Fernrohr betrachten zu können, beſteht darin, daß ſie die Vollmondzeit wählen, in der Meinung, dann Alles am vollſtändigſten zu ſehen. Allerdings hat man alsdann die ganze uns zugewendete Hälfte der Mondoberfläche erleuchtet vor ſich; aber das Bild, welches uns das Fernrohr von derſelben giebt, iſt wenig geeignet, die gewöhnlich ſehr hoch geſpannten Erwartungen zu befriedigen. Von dem Intereſſanteſten und Lehrreichſten, den Gebirgsformen, ſieht man entweder nichts, oder das, was man ſieht, iſt undeutlich und unverſtändlich; denn die helleren und dunkleren Parthieen, die Lichtpunkte und Lichtſtreifen, die man bemerkt, ſind augenſcheinlich keine auf Höhendifferenzen zu beziehenden Merkmale. Da man nun überdies bei einer auch nur mäßig ſtarken Vergrößerung darauf verzichten muß, den ganzen Mond gleichzeitig zu ſehen (man wird höchſtens bis zu einer 40maligen Vergrößerung gehen können, wenn man ſeinen ganzen Umfang im Felde des Fernrohrs haben will), auch des Details ſo viel geſehen wird, daß man ſelbſt nach einer jahrelang fortgeſetzten Beſchäftigung mit dem Monde noch immer genug bis dahin unbekannt Gebliebenes finden kann, ſo iſt Niemandem, der nur ein oder wenige Mal den Mond auf dieſe Weiſe zu betrachten Gelegenheit hat, die Wahl des Vollmondes anzurathen, ſo wenig als man von einer ſchönen Erdlandſchaft den rechten Genuß haben wird, wenn man ſie in hoher Mittagsbeleuchtung betrachtet, wo Alles Licht iſt, und die angenehme Abwechſelung, welche durch den Schattenwurf in einer Landſchaft entſteht, entweder gänzlich mangelt, oder doch auf ein Kleinſtes reducirt wird.

Die erſte Quadratur, oder überhaupt der zunehmende Mond bis höchſtens vier Tage nach dem erſten Viertel, an einem heitern und ſtillen Frühlingsabend betrachtet, iſt das, was am Meiſten lohnt und Niemand unbefriedigt laſſen wird. Der abnehmende, beſonders im Herbſte, gewährt allerdings ein eben ſo ſchönes Bild, aber nur Mitternachts, folglich bei Weitem weniger bequem für den Beſucher einer Sternwarte. Alsdann gewahrt man auf den erſten Blick eine unzählbare Menge von Gebirgen der verſchiedenſten Art und Form; und die ſcharfgezeichneten, pechſchwarzen Schatten, welche ſie in die umliegenden Thäler werfen, und die ſich faſt unter den Augen des Beſchauers verkürzen (oder bei abnehmendem Monde verlängern), die Tauſende von Lichtpünktchen und Lichtbögen in der Nachtſeite hart am innern Rande des erleuchteten Theils, lehren den Mond in Einem Abend beſſer kennen, als ohne einen ſolchen Anblick die beſte Karte, die deutlichſte Beſchreibung es vermöchte.

Vielleicht iſt es für manche Leſer nicht ohne Intereſſe, hier eine Ueberſicht der Art und Weiſe zu geben, wie man die Gebirge des Mondes ihrer gegenſeitigen Lage nach zeichnen und ihre Höhe beſtimmen könne, bevor wir zu einer Beſchreibung derſelben übergehen.

Wenn der Mond uns wirklich genau ſtets dieſelbe Seite zuwendete, ſo wäre die Arbeit, ihn bildlich darzuſtellen, bei Weitem weniger ſchwierig. Allein vermöge der ſogenannten Libration ſehen wir nach den Rändern hin bald etwas mehr, bald weniger, und die auf der Scheibe projectirten Gegenſtände entfernen ſich von der Mitte bald hier, bald dorthin. Bevor man alſo daran gehen kann, die einzelnen Gegenſtände abzuzeichnen, muß man gewiſſe Hauptpunkte wiederholt meſſen, und ihre Lage nach ſelenographiſcher Länge und Breite aus dieſen Meſſungen durch Rechnung ableiten. Die einfachſte, obgleich vielleicht nicht unbedingt genaueſte Art des Meſſens iſt folgende:

Mit einem Fadenmikrometer (einer Vorrichtung, durch welche man zwei im Brennpunkte eines Fernrohrs parallel aufgespannte Fäden einander beliebig nähern und von einander entfernen, und die man zugleich durch Drehung der Fassung in jede beliebige Richtung bringen kann) bestimmt man den Abstand eines hinreichend scharfen Punktes auf der Mondfläche vom östlichsten oder westlichsten Punkte derselben in der Richtung des Parallels, und möglichst gleichzeitig auch den Abstand vom nördlichsten oder südlichsten Punkte in der Richtung des Meridians.



Es sei z. B. der Mondpunkt **M** zu messen, so stelle man die Fäden zuerst in die Richtung a b des Meridians, und entferne sie so weit von einander, daß der eine durch **M** geht, der andere parallel den Mondrand **A** tangirt. Ein am Mikrometer befindlicher Maaßstab und der eingetheilte Kopf der Schraube, mit welcher die Fäden verschoben werden, geben sodann die Entfernung der Fäden in Theilen,

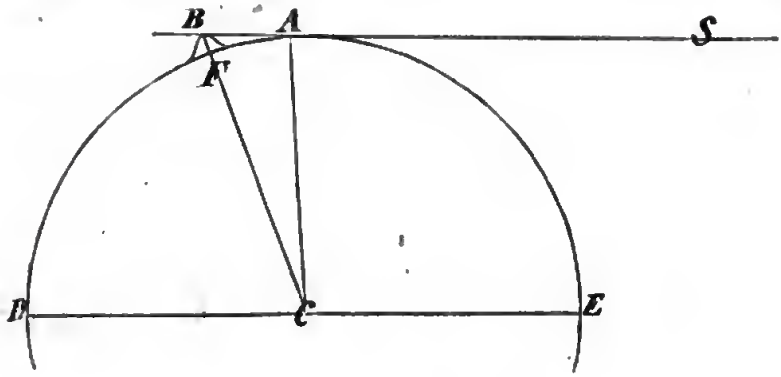
deren Werth (in Bogensecunden) man auf andere Weise bestimmt haben muß. Alsdann wendet man das Mikrometer um 90°, so daß beide Fäden in die Richtung c d des Parallels zu stehen kommen, läßt abermals einen der Fäden über den Punkt M gehen, und verschiebt den andern so lange, bis er den Mondrand in B tangirt, worauf man wie vorhin die Entfernung der Fäden abliest. Kennt man nun den Mondhalbmesser C A = C B entweder aus einer Ephemeride des Mondes, oder durch eine möglichst gleichseitige Messung des Durchmessers, so wird man auch leicht die Entfernung C M des Berges vom Mittelpunkte durch die beiden Coordinaten x und y erhalten, denn x ist gleich dem Mondhalbmesser C A, vermindert um die Distanz der Fäden in der Lage a b; y aber gleich dem Mondhalbmesser C B, vermindert um die Distanz der Fäden in der Lage c d. Jetzt muß man untersuchen, wie weit die scheinbare (zur Zeit der Messung stattfindende) Mondmitte C von der wahren mittleren entfernt ist. Die letztere C′ ist nemlich der Durchschnittspunkt des Aequators und desjenigen Meridians, der in mittlerer Libration der Erde zugewendet ist. Zu diesem Endzweck muß die Libration für den Moment der Beobachtung berechnet werden, und eben so der Winkel des Declinationskreises, der durch die Mondmitte geht, mit dem selenographischen Mondbreitenkreise. Alsdann wird aus der Entfernung und Richtung der Punkte C und C′, so wie der C und M, die Entfernung und Richtung C′ M hergeleitet, und aus dieser Breite und Länge des Mondflecks. Die verschiedenen hierbei nöthigen Correctionen (z. B. wegen der Strahlenbrechung) anzuführen, hielt ich nicht für zweckmäßig, da derjenige, welcher Messungen und Rechnungen dieser Art wirklich ausführen oder auch nur speciell vergleichen will, doch genöthigt ist, die genauen Formeln zu studiren, die hier nicht entwickelt werden können.

Diese Länge und Breite wird, der unvermeidlichen Messungsfehler wegen, aus einer Messung nicht hinreichend genau gefunden werden; man wiederholt sie also mehreremal, berechnet jede einzeln, und nimmt zuletzt aus allen das Mittel. — Zu der Mondkarte, welche von 1834—36 erschien, und welche der Verfasser dieses Aufsatzes in Gemeinschaft mit dem Geh. Rath W. Beer in Berlin bearbeitete, dienten 106 auf diese Weise bestimmte Punkte, die jeder durchschnittlich durch 9—10 Messungen abgeleitet wurden.

Die auf diese Weise berechneten Punkte trägt man sodann in das Gradnetz ein, welches man für die Verzeichnung der Karte entworfen hat, und verbindet sie durch Linien, wodurch Dreiecke entstehen, deren Seiten und Winkel sich leicht berechnen lassen und die nun zur Bestimmung einer größeren Zahl anderer Punkte dienen, die man von jenen Hauptpunkten aus, gleichfalls durch das Mikrometer, nach Distanz und Richtung bestimmt. Ist man auf diese Weise zu so kleinen Dreiecken gelangt, daß man das zwischenliegende Detail durch ein geübtes Augenmaaß, unterstützt von den Fäden des Mikrometers, die zum Alignement dienen können, einzutragen im Stande ist, so kann man an die Zeichnung gehen, wobei man aber Sorge tragen muß, jeden Gegenstand wiederholt und unter den verschiedensten Beleuchtungswinkeln bei zu- und abnehmendem Monde zu beobachten, so wie insbesondere diejenigen Flächenstriche, welche während der ersten Zeichnung vom Schatten eines Berges verdeckt waren, zu einer andern Zeit, wenn sie sich schattenfrei zeigen, nachzutragen.

Wenn man aber auch auf diesem Wege zu annäherungsweise richtigen Umrissen der Gebirge, so wie zur Bestimmung ihrer gegenseitigen Lage und Entfernung gelangt, so bleibt doch ihre Höhe, so wie der Grad und die Form ihrer Böschung, noch unbekannt.

Um die Höhe der einzelnen Punkte zu bestimmen, kann man zwei Methoden anwenden, die Hevel'sche oder die Methode der Lichttangenten, und die Olber'sche, welche durch die Länge der Schatten die Höhe bestimmt. Die erste läßt sich folgendermaaßen verdeutlichen:



Es sei D A E die uns zugewandte Mondhalbkugel, und zwar sei D A C der erleuchtete, C A E der unerleuchtete Theil derselben, so daß A C die Lichtgrenze vorstellt, und der Sonnenstrahl die Mondoberfläche in A berührt. Steht nun in B ein Berg, der sich um die Linie F B über das Niveau der umliegenden Gegend erhebt, so wird der Sonnenstrahl S A verlängert B treffen, und die Spitze des Berges erleuchten. Bemerkt man nun den Moment, wo der Berg in der Nachtseite eben erleuchtet zu werden beginnt, oder bei abnehmendem Monde so eben verschwindet, und mißt den Abstand B A des Berges von der Lichtgrenze, so wird $CB^2 = CA^2 + AB^2$, da nun C A der Mondradius ist, so ist C B bekannt, folglich auch C B — C F = F B oder die Höhe des Berges.

Hevel fand z. B. bei einem Berge in den Apenninen des Mondes A B = 1/13 des Mondradius (durch Schätzung), woraus sich folgende Rechnung ergiebt:

$CA^2 + AB^2 = 1 + (1/13)^2 = 1\,1/169$

$CB = \sqrt{(1\,1/169)} = 1\,1/338$

$FB = 1\,1/338 - 1 = 1/338$ des Mondradius $= 234/338$ geogr. Meilen $=$ 2636 Pariser Toisen.

Die Schwierigkeiten dieses Verfahrens sind nächst der Unbestimmtheit der Lichtgrenzen hauptsächlich die Ungewißheit, ob der betreffende Berg wirklich so eben den ersten oder letzten Lichtstrahl empfange. Die Erleuchtung der letzten und feinsten Spitze, wenn der Berg nicht in seinen oberen Theilen eine sehr sanfte Böschung hat, wird schwerlich selbst mit den vollkommensten Ferngläsern noch wahrgenommen werden können, und man wird folglich die Höhe etwas zu klein finden. Der größte Nachtheil aber besteht in der Ungewißheit, welchen Gipfel man eigentlich gemessen habe, so wie in der sehr unregelmäßigen Form der Lichtgrenze.

Wir finden nicht, daß in dem Zeitraum von Hevel bis Schröter, gegen 140 Jahre, irgend ein Versuch gemacht worden wäre, die Höhe der Mondberge zu messen, so wie auch überhaupt die Kenntniß seiner Oberfläche in dieser langen Zeit nur wenig vorrückte. Man ließ es zwar nicht an Mondkarten fehlen, und fast jedes astronomische Lehrbuch enthielt eine dergleichen; allein fast alle waren Nachahmungen der Hevel'schen, und die wenigen Originalarbeiten jener Zeit, mit Ausnahme der Mondkarte von Tobias Mayer, waren ebenfalls nicht geeignet, Hevels Karte entbehrlich zu machen. — W. Herschel hat dem Monde nie besondere Aufmerksamkeit gewidmet, und bei einigen Versuchen, nach der obenangegebenen Methode Punkte zu messen, erhielt er für 3 Mondberge Höhen zwischen 1 und 1½ engl. Meilen (800 — 1200 Toisen); es läßt sich aber nicht genau bestimmen, welchen Berg er gemeint habe, da er nur den Quadranten angiebt, in welchem er ihn gesehen. — Seine anderweitigen umfassenden Arbeiten erlaubten ihm nicht, dem Monde

eine Reihe von Jahren zu widmen, und er war der Mann nicht, der sich mit flüchtigen Wahrnehmungen begnügt und diese als neue gewichtige Entdeckungen in die Welt geschickt hätte, wie es leider bei Vielen Sitte geworden zu sein scheint.

Als Schröter in Lilienthal den Entschluß faßte, dieses von Herschel freigelassene Feld zu bearbeiten und besonders auch die Mondgebirge zu messen und zu zeichnen, gab ihm Wilhelm Olbers eine Methode an, durch die Länge des Schattens auf die Höhe des Berges zu schließen. Schon auf unserer Erde können wir die Höhe eines senkrechten Stabes, einer Mauer und dergleichen durch die Länge des Schattens bestimmen, wenn wir diesen bis zum Fuße des Gegenstandes messen und sodann die Höhe der Sonne über dem Horizont in Rechnung ziehen. Ist die Fläche, auf welcher der Schatten sich projicirt, eine horizontale Ebene, so ist die Höhe eines Gegenstandes gleich der Länge seines Schattens multiplicirt mit der Tangente der Sonnenhöhe. Wir würden auch Berghöhen auf diese Weise bestimmen können, wenn es nur möglich wäre, bis an den Punkt zu gelangen, der in der horizontal gedachten Ebene senkrecht unter dem Gipfel des Berges liegt, oder eine Messung der Länge des Schattens von der Spitze des Berges in gerader Linie bis zum Endpunkte bequem ausgeführt werden könnte. Ueberdies sind die Schatten weit entfernter Gegenstände auf unserer Erde zu stark verwaschen und auch zu rasch veränderlich, und es stehen uns für unsern Wohnort andere Mittel zu Gebote, die ein genaueres Resultat zu geben geeignet, die uns aber beim Monde versagt sind. Dort sind vielmehr die Schatten, für unsern Anblick wenigstens, so gut als vollkommen scharf, und zeigen sich zugleich in einer so reinen und gleichförmig tiefen Schwärze, daß eine Messung derselben mit geeigneten Instrumenten nicht besonders schwierig erscheint.

Dagegen treten andere Umstände ein, welche die Berechnung verwickelter als in dem oben erwähnten einfachen Falle machen, und gleichzeitig die Sicherheit vermindern, welche man davon zu erwarten geneigt wäre. Es ist schwierig, genau zu bestimmen, wie hoch die Sonne über dem Horizont des Mondberges zur Zeit der Messung gestanden habe. Dazu wird entweder eine hinreichend scharfe Kenntniß der Länge und Breite des Berges in Bezug auf den Aequator und Meridian des Mondes, oder in Ermangelung derselben eine Messung seines Abstandes von der Lichtgrenze erfordert. Die bisherigen Mondkarten gewähren eine solche Sicherheit noch nicht, wenigstens nicht für alle Punkte, und die Messung des Abstandes von der Lichtgrenze ist wegen der Ungleichheiten der letztern nie so genau, als die der Länge des Schattens.

Der Beschauer muß ferner in Betracht ziehen, daß die Höhe der Sonne über dem Endpunkte eines Schattens eine andere ist, als die über dem Anfangspunkte, und daß, wenn nicht etwa der Berg und die Lichtgrenze der Hörnerlinie des Mondes (d. h. der die beiden Hörner verbindenden und durch die Mitte des Mondes gehenden) sehr nahe liegt, man nicht die Länge des Schattens und den Abstand selbst, sondern nur ihre verkürzten Projectionen messen kann.

Aber der Hauptmangel aller Höhenmessungen auf unserem Trabanten besteht darin, daß die gemessenen und berechneten Höhen keine absolute Bedeutung haben. Es fehlt auf dem Monde gänzlich an einem allgemeinen gleichförmigen Niveau, wie es auf unserer Erde durch den Meeresspiegel gegeben ist, wenigstens haben wir kein Mittel, ein solches mit Sicherheit zu erkennen, selbst wenn es auf irgend eine Weise vorhanden sein sollte. Wir bestimmen Höhen über der See, und sind dadurch im Stande, die Höhen zweier Berge zu vergleichen, die an ganz entgegengesetzten Punkten der Erde liegen. Beim Monde dagegen sind wir darauf

beſchränkt, bloße Höhenunterſchiede zwiſchen dem Gipfel und dem Endpunkte des Schattens zu beſtimmen, und können die Ungewißheit nicht heben, welche in der Unbekanntſchaft mit der Höhe dieſes Endpunktes liegt. Wo derſelbe in eine der großen weiten Ebenen fällt, die ein ziemlich gleichförmiges Niveau haben müſſen, da die hindurchgehende Lichtgrenze ſich meiſt als eine reine Ellipſe zeigt, wird dieſer Mangel weniger fühlbar; allein die meiſten und wahrſcheinlich höchſten Mondberge liegen in Gegenden, wo weit und breit keine ſolche Fläche zu haben iſt, vielmehr zwiſchen den Bergen nur ſchroff abſtürzende Tiefen gefunden werden.

Man könnte die Frage aufwerfen, bis zu welcher Höhe herab es noch möglich ſei, auf dem Monde Berge zu meſſen. Nehmen wir an, daß ein Schatten noch deutlich erkennbar, folglich meßbar ſei, wenn er nicht unter 3 Secunden lang iſt und die Sonne mindeſtens noch $\frac{1}{2}$ Grad über dem Horizont des Berges ſteht; nehmen wir ferner den Berg als in der Mittelgegend des Mondes liegend an, ſo daß keine perſpectiviſchen Verkürzungen ſtattfinden: ſo ergiebt die Rechnung für die mittlere Entfernung des Mondes beiläufig 20 Toiſen oder 120 Fuß Höhe. Indeß ſind ſelbſt Schatten von geringerer Ausdehnung und noch näher der Lichtgrenze im Allgemeinen wahrnehmbar, wenngleich nicht mehr eigentlich meßbar, und ſo kann eine aufmerkſame Beobachtung uns Berge kennen lehren, die noch beträchtlich niedriger als 120 Fuß ſind, und ihre Höhe wird ſich wenigſtens nach einer Schätzung angeben laſſen.

Wollte man aber hieraus ſchließen, daß auch z. B. Bauwerke, die unſern Thürmen an Höhe gleich kämen, wahrgenommen und gemeſſen werden könnten, ſo würde man ſehr irren. Der Schatten eines Gegenſtandes, den wir erkennen ſollen, muß nicht blos die angegebene Längen-, ſondern auch eine entſprechende Flächen-Ausdehnung haben. Verſetzen wir

in Gedanken eins der koloſſalſten Bauwerke, z. B. die Pyramide des Cheops von 450 Fuß Höhe und 700 Fuß Seitenlänge, auf den Mond, ſo wird ihr Schatten allerdings unter günſtigen Umſtänden 9—10 Secunden Länge erreichen können, aber ſelbſt am Anfangspunkte nur $^1/_9$ Secunde breit ſein und ſo auch in den allerſtärkſten Vergrößerungen unſichtbar bleiben. Mit einer meilenlang fortlaufenden Mauer von der eben angegebenen Höhe könnte der Verſuch gelingen, und die chineſiſche Mauer, wäre ſie etwa dreimal höher, würde einen bei aufmerkſamer Beobachtung noch wahrnehmbaren Gegenſtand bilden, zwar nicht direct, aber durch den Schattenſtreif bei unter- und aufgehender Sonne. Allein auch dann noch würde die Ungewißheit übrig bleiben, was man denn eigentlich geſehen habe. Der Schattenſtreif lehrt uns die Länge und beiläufig die Höhe des ſchattenwerfenden Objects kennen; ob aber dieſes ſelbſt nicht ſichtbare Object ein Product der Natur oder der Kunſt ſei, das ſagt er uns nicht, und wollen wir nach Analogien ſchließen, ſo werden wir in allen bisher vorgekommenen Fällen auf ein Naturwerk geführt.

Nicht ein einziges unſerer Werke würden die Mondbewohner, wären ſie in Bezug auf natürliche und künſtliche Beobachtungswerke uns gleich geſtellt, mit Entſchiedenheit als ein ſolches erkennen und ſicher zu deuten im Stande ſein. An der Stelle unſerer größten Städte erblicken ſie entweder nichts oder ein unbeſtimmtes, verwaſchenes Fleckchen, und hieraus wird man leicht beurtheilen können, was von den Mondſtädten und Mondfeſtungen, die eine Zeit lang ſo großes Aufſehen machten, zu halten ſei.

Kehren wir demnach zu unſerem Hauptgegenſtande zurück, und begnügen wir uns für jetzt, das deutlich Erkennbare in einer überſichtlichen Darſtellung zu geben. Die Gebirge des Mondes ſind von denen der Erde, ihrer Form

nach, wesentlich verschieden. Die letztere zeigt uns, als vorherrschenden Typus, Gebirgsketten in ein- oder mehrfacher Reihe, größtentheils mit Verzweigungen nach allen Seiten, durchschnitten von Längenthälern, aus denen sich Ströme ergießen.

Auf dem Monde finden wir zwar wohl auch Bergketten von verschiedener Längen- und Höhenstreckung, im Ganzen jedoch nur wenige und auch nicht besonders hohe, wenigstens nicht in den Gegenden, die wir genauer untersuchen können. In den Bergketten des Mondes ragt gewöhnlich ein einzelner Pik hoch über alle übrigen empor, so daß, mit ihm verglichen, fast alles Uebrige Gehügel ist. Wo sich etwas höhere und ausgedehntere Bergreihen zeigen, erscheinen sie als der schroff abstürzende Rand eines Hochlandes, und sind gegen das Tiefland hin meistens concav gekrümmt.

Auf der Erde ist der Fuß der höheren Gebirge gewöhnlich mit geringeren umsäumt und geht oft in mehreren Terrassen zum Tieflande über, so daß die sich hindurchwindenden Ströme ein Bett finden, in dem sie mit allmäliger, zum Ocean gerichteter Senkung fortfließen können. — Auf dem Monde dagegen fehlen die Zwischenformen fast ganz, oder zeigen sich doch nur in sehr beschränktem Maaßstabe; mauerartig erhebt sich der Rand des Hochlandes über die Tiefebene, und gäbe es hier Gewässer, so müßten sie in fast beständigem Sturze durch schroffe Klüfte hindurch zum Tieflande gelangen und sich hier in der Ebene verbreiten, ohne ein eigentliches Rinnsal bilden zu können. Der Fuß der Gebirge setzt sich meist in sehr bestimmten Umrissen ab und ist in der Regel eben so steil oder noch steiler, als die höher liegenden Theile.

Die einzelnen, aus der Ebene sich erhebenden Berge, stehen auf der Erde meistens in einem, wenn auch geringen, gegenseitigen Zusammenhange, und können fast immer als die Glieder eines kleinen Gebirgssystems betrachtet werden,

oder als die Vorhöhen und Ausläufer größerer benachbarter Gebirge. — Auf dem Monde findet sich weit häufiger Isolirung und man sieht oft Hunderte von Hügeln und kleinen Bergen auf einem verhältnißmäßig kleinen Raume, zwischen denen entweder gar kein oder ein uns nicht mehr wahrnehmbarer Zusammenhang stattfindet.

Auf dem Monde zeigen sich in den dunkleren Ebenen eine große Menge langer, wenig gekrümmter, sehr flacher Höhenzüge, die oft von einer so geringen Höhe sind, daß es der günstigsten Umstände zu ihrer Erkennung bedarf, und die demnach wohl noch nicht 100 Fuß Höhe haben, wiewohl andere vorkommen, die bei einer Breite von einer oder einigen Meilen sich 300, 500 und selbst 1000 Fuß erheben. Fast nie stehen sie aber mit den größern und höhern Gebirgen im Zusammenhange, selbst wenn sie sehr nahe parallel daneben hinstreichen, und nicht allein die weit geringere Höhe, sondern ihr ganzes Verhalten unterscheidet sie von diesen.

Auf unserer Erde fehlt diese Form wohl auch nicht, und in einzelnen Gegenden derselben scheint sie sogar ziemlich häufig zu sein; auch würden wir sie vielleicht öfter wahrnehmen, wenn wir die Erde im Großen und Ganzen überschauen könnten. Allein gleichwohl besteht eine bedeutende Verschiedenheit zwischen den Landrücken und Hügelketten der Erde und denen des Mondes, besonders in Bezug auf die Thalbildungen. Die Landrücken der Erde sind gewöhnlich breiter als die zwischenliegenden Thäler, was auf dem Monde umgekehrt ist.

Wenn es indeß bei diesen Unterschieden doch meistens nur auf eine Mehr oder Weniger hinausläuft, während auf der Erde selbst es an ähnlichen Gegensätzen auch nicht fehlt (man vergleiche z. B. die Oberflächenbildung Neuhollands mit der Griechenlands oder einer andern europäischen Halb-

inſel), ſo könnte es ſcheinen, als ſei der Unterſchied doch nicht ſo ſehr groß und vielleicht zum Theil blos ſubjectiv, da der Standpunkt für unſere Anſchauung ein ſo ſehr verſchiedenes Verhältniß gegen die beiden Weltkörper zeigt. Allein die Formen, von denen wir ſogleich ſprechen werden, ſind geeignet, das Gegentheil darzuthun. Der Mond zeigt nemlich als allgemeinſten Typus ſeiner Gebirgsformen den Kreis, und zwar dergeſtalt vorherrſchend, daß, wenn wir alle dieſer Kategorie angehörenden Formen, größere und kleinere, vom Monde hinwegnehmen wollten, kein Zwanzigſtel deſſelben gebirgig bleiben würde, während jetzt reichlich die Hälfte mit Gebirgen beſetzt und zum Theil ganz angefüllt iſt. Bei Weitem in den meiſten Fällen dieſer Art iſt der Kreis geſchloſſen, d. h. ein ringförmiger Wall umſchließt eine runde Vertiefung. Dieſe Form findet ſich auf dem Monde in allen Gegenden, theils vorherrſchend, theils ausſchließlich, ſo wie in allen nur denkbaren Größen- und Höhenverhältniſſen. Zu den koloſſalſten Bildungen dieſer Art gehören die meiſten der ſchon dem bloßen Auge ſichtbaren grauen Ebenen, die in einem weiten Kreiſe von Gebirgen umſchloſſen werden, nur daß letztere gewöhnlich nicht rings herum zuſammenhängen, ſondern breite Thore offen laſſen. So iſt das Mare Serenitatis von etwa 5700 Quadratmeilen Oberfläche und 80—90 Meilen Durchmeſſer von den Gebirgen des Taurus, Haemus, Apennin und Caucaſus*) umgeben, und verbindet man die drei Oeffnungen zwiſchen dieſen Gebirgen durch kleine Bögen, ſo iſt das Ganze ein geſchloſſener Kreis, an dem jetzt in Allem etwa 1/5 fehlt. Das benachbarte Mare Imbrium iſt eine faſt dreimal ſo große Fläche, allein auch hier, obgleich die ganze

*) Den Bergketten des Mondes hat man Namen von Erdgebirgen gegeben; die eigentlichen Ringgebirge haben größtentheils Namen berühmter Gelehrten erhalten.

östliche Seite offen ist und auch an zwei andern Stellen sich ein Zusammenhang mit andern ähnlichen Flächen zeigt, kann doch die kreisförmige Begrenzung nicht verkannt werden. Das Mare Crisium, 3100 Quadratmeilen groß, so wie das etwas kleinere Mare Humorum sind noch vollständiger durch einen Kreis von Gebirgen abgeschlossen; eben so das Humboldtsmeer in den nordwestlichen Randgegenden. Das Mare Nectaris hängt nur im Norden durch einen breiten Arm mit dem benachbarten Mare Tranquillitatis zusammen, $^1/_8$ des Umfangs dagegen sind im großen Bogen von höhern und niedrigern Gebirgen umschlossen.

Indeß ist hier die Kreisform, wenngleich im Allgemeinen unverkennbar, doch von einer im Ganzen geringen Regelmäßigkeit und Symmetrie; namentlich aber sind die Gebirge, welche die innere Fläche umgeben, von der allerverschiedensten Gestalt und Höhe. Berge von 10—12,000 Fuß stehen neben andern von 4—500, und eben so verschieden sind die Böschungswinkel und Streichungslinien der einzelnen Rücken. Mehrere dieser Mareflächen zeigen große offene Buchten, die selbst wieder die Kreisform zu $^1/_2$ bis $^3/_4$ des Umfanges reproduciren, so Fracastor, der südliche Busen des Mare Nectaris; Le Mounier, der westlichste des Mare Serenitatis; vor Allem der prächtige Sinus Iridum, ein kolossales Amphitheater, das sich gegen das Mare Imbrium öffnet.

Die nächste Stufe nach diesen Mareflächen, wenn man die räumlichen Verhältnisse als Stufenleiter setzt, sind die von Schumann sogenannten Wallebenen, von denen die größten gegen 1000 Quadratmeilen enthalten. Eine nur von sanften Wellen unterbrochene, zuweilen jedoch auch in der Mitte mit einzelnen Bergen besetzte Ebene ist von einem zusammenhängenden Walle umschlossen, der jedoch noch ziemlich starke Abweichungen von der Kreisform zeigt, auch an Höhe und Gliederung sehr verschieden ist, beides jedoch schon

in geringerem Maaße als bei den Mareflächen. Mehrere jedoch zeigen schon eine große Regelmäßigkeit und Uebereinstimmung. An einigen Stellen bilden sich zusammenhängende Reihen dieser Wallebenen, allein stets in Meridianrichtung, in der des Parallels liegen höchstens zwei neben einander. Drei solcher Reihen zeigen sich auf der Mitte vom Aequator bis zu 40° südlicher Breite hinauf, unter dem 60° der östlichen und unter dem 60° der westlichen Länge, hinter denen in 85° östlicher und westlicher Länge noch andere zu ziehen scheinen.

Mehrere dieser Wallebenen sind zwar sehr groß, aber als solche kaum erkennbar, da das umgebende Gebirg zu wenig Höhe und Steilheit und zu schwachen Zusammenhang zeigt. So findet man an der Stelle des Hipparch bei etwas hoher Beleuchtung mehrere isolirt erscheinende Gebirge von sehr verschiedener Höhe und Gestalt, zwischen ihnen eine Menge einzelner Ringflächen u. dergl. so daß man keine Einheit des Ganzen bemerkt. Rückt aber die Lichtgrenze näher heran, so ist der Zusammenhang und die kreisförmige Bildung des Ganzen sogleich erkennbar, denn in sehr schräger Beleuchtung heben sich auch die schwächern Gebirge noch deutlich hervor und lassen sich rings herum verfolgen. Andere haben das Ansehen, als hätte früher ein Zusammenhang bestanden, sei aber in der Folge durch andere Bildungen unterbrochen worden, so daß man sich des Gedankens nicht erwehren kann, die Trümmer einer alten Wallebene vor Augen zu haben. Man kann den Kreis noch in Gedanken aus seinen Bruchstücken zusammensetzen und beiläufig die Arealgröße bestimmen, die dem Ganzen zukäme, wenn es noch ein solches wäre. Eben so findet man in den Ebenen zuweilen ganz niedrige Rücken, die sich kreisförmig abschließen, nirgends zu einer etwas bedeutenden Höhe ansteigen und deshalb ihrer Größe ungeachtet schwer erkennbar sind. Sie

ſehen gleichſam wie ein erſter Entwurf, eine Vorzeichnung aus. Ein merkwürdiges Gebilde dieſer Art ſteht weſtlich neben einer Wallebene, die den Namen Hevel führt. Es lehnt ſich an dieſe, iſt von nahe gleichem Umfange und Geſtalt, ſelbſt bis auf die Abnormitäten der Figur, nur der Wall mindeſtens zwanzigmal niedriger als der Hevels.

Von weit beſtimmterem Gepräge zeigen ſich die der Größe nach auf der dritten Stufe ſtehenden kreisförmigen Bildungen, die eigentlichen Ringgebirge. Dieſe ſind faſt immer völlig geſchloſſen, und zugleich hat der kreisförmige Wall rings herum nahe gleiche Kammhöhe, gleiche Breite des Fußes u. ſ. w., ſo daß augenſcheinlich die Regelmäßigkeit der Bildungsformen in umgekehrtem Verhältniſſe mit ihrer Größe ſteht. Der Raum, welchen ſie umſchließen, iſt beträchtlich vertieft, ſo daß er weit unter dem Niveau der äußern Ebene (wenn eine ſolche vorhanden iſt) ſteht; in einigen Fällen geht dieſe Differenz auf 10—12,000 Fuß. Eine faſt nothwendige Folge dieſes Verhältniſſes iſt nun, daß die umgebenden Ringgebirge von außen her nur mäßig und mit ſanfter Böſchung anſteigen, nach innen aber ſehr ſchroff abſtürzen und oft einen mauerähnlichen Damm bilden. In vielen Fällen jedoch zeigen ſich unten am innern Fuße des Hauptwalles ein- oder mehrfache Terraſſen von geringerer Steilheit, wodurch das Ganze eine concave Form erhält. Der innere, oft ſehr enge Raum, den dieſe Terraſſen frei laſſen, iſt nun entweder eben, oder es erhebt ſich in ſeiner Mitte noch ein kleiner iſolirter Berg (Centralberg) wie eine Narbe. Zuweilen, namentlich in größeren Ringgebirgen und Wallebenen, zeigt ſich ſtatt des einfachen Centralberges ein kleines Maſſengebirg mit mehreren Köpfen, oder auch eine kleine Bergkette; ſehr ſelten aber ſind die Fälle, wo dieſe auf den Mittelpunkt des Ganzen ſich beziehenden Gebirge irgend einen Zuſammenhang mit dem Syſtem der Peripherie

haben, wiewohl es äußerst schwer fällt, namentlich in den kleineren Ringgebirgen, hierüber mit Sicherheit zu entscheiden. Die Tiefe, den Centralberg mit inbegriffen, ist nemlich noch lange Zeit mit nächtlichem Schatten bedeckt, wenn die Sonne schon den Wall rings herum bescheint und die ganze umliegende Gegend erleuchtet; endlich hebt sich der Centralberg mit seiner Spitze als feines Lichtpünktchen aus der Nacht heraus, nach und nach wird auch sein Fuß frei und man erblickt die Terrassen des Walles. Alsdann aber steht die Sonne schon so hoch, daß sanfte Höhenrücken keinen Schatten mehr geben können, folglich nur dann zu unterscheiden sind, wenn sie sich durch ihre Färbung hervorheben.

Den höchsten Centralberg, so weit die bisherigen Messungen reichen, zeigt das Ringgebirg Moretus; er ist länglicht, von kleineren Hügeln umgeben, und erhebt sich 6040 Fuß über seine nächste Umgebung. Da aber der Wall im Osten sich 8650 Fuß, im Westen, wo Hochgipfel auf ihm stehen, sogar 14,260 Fuß über diese Tiefe emporhebt, so bleibt selbst dieser höchste Centralberg noch weit unter dem Niveau des Walles.

Für den Tycho, ein Ringgebirg von $11\frac{3}{4}$ Meilen Durchmesser, finden sich folgende Verhältnisse:

	Ueber der Tiefe
Oestlicher Rand . .	15,055 Fuß.
Westlicher Rand . .	16,050 "
Westliche Terrassen .	4290 "
Centralberg . . .	4680 "

Bei Theophilus, $13\frac{5}{6}$ Meilen im Durchmesser haltend, fand sich:

Höchster östlicher Wallgipfel .	14,940 Fuß.
Zweiter Gipfel	13,440 "
Höchster westlicher Wallgipfel	17,114 "

Zweiter Gipfel	16,110 Fuß.	
Centralberg	4860 "	

Für Petavius, deſſen Inneres beulenförmig aufgetrieben iſt, fand ſich aus mehreren Meſſungen:

Weſtlicher Wall . . .	10,174 Fuß.	
Centralberg, höchſter Gipfel	5250 "	über d. Beule.
—— zweiter Gipfel	3528 "	über d. Beule.
Höhe der Beule beiläufig	700 "	

Die angeführten Beiſpiele gehören zu denen, wo ſowohl das Central- als das Ringgebirg eine ſehr große Höhe erreicht. Oft findet ſich indeß bei ſehr hohem Walle doch ein äußerſt niedriger und unſcheinbarer Centralberg; der umgekehrte Fall kommt gar nicht vor, und in keinem einzigen Falle erreicht der Centralberg die Kammhöhe des Walles.

Auch bei kleineren Ringgebirgen von nur 3 — 5 Meilen Durchmeſſer zeigen ſich doch oft Unterſchiede von 6—8000 Fuß zwiſchen dem Walle und der Tiefe, aber ſelten von 3000 Fuß zwiſchen dem Walle und der äußern Ebene. Die Centralberge ſind bei dieſen Ringgebirgen von geringerem Durchmeſſer ſtets ſehr klein, oft fehlen ſie ganz oder können nicht bemerkt werden. Dies iſt beſonders der Fall in den dunkelgrauen Ringflächen, welche eine gleichmäßige Farbe und eine tafelförmige Ebene darbieten, und bei denen bis jetzt nur in wenigen eine ſchwache Spur einer centralen Erhöhung gefunden worden iſt.

Die Ringgebirge liegen zum Theil in freien Ebenen und alsdann ſind ſie faſt immer ſehr regelmäßig geſtaltet; oder in gebirgigen Gegenden dichter zuſammen, in welchem Falle die Regelmäßigkeit meiſtens geringer ausfällt, da gleichſam ein Ringgebirg das andere verdrängt. Nicht ſelten liegen ſie in Wallebenen, oder an und auf dem Walle ſelbſt, den ſie gleichſam durchbrochen haben. So liegt ein Ringgebirg in der Fläche des Hipparch und zwei von etwa 4 Meilen Durch-

meſſer im S. an einer Stelle, wo der Wall des Hipparch ziehen ſollte. Das Ringgebirg Herſchel fällt ebenſo mit dem Walle des Ptolemäus zuſammen. Conon liegt mitten im Hochgebirg des Apennin, Calippus in dem des Caucaſus; Eratoſthenes bildet gleichſam den Schlußſtein des Apenninen-Gebirgs, und Plato, mit einer Seite an das Mare Imbrium grenzend, iſt auf den übrigen von Hügelland umgeben. Beſonders im ſüdweſtlichen Theile des Mondes ſind die Ringgebirge ſehr häufig, und hier liegen ſie faſt alle in Reihen oder großen Hägen gruppirt, wobei zugleich die ſolchergeſtalt zuſammengehörenden einander an Größe und ſonſtigem Verhalten ſehr ähnlich ſind.

Es iſt bereits oben erwähnt, daß die Höhe des Ringgebirgs über der äußern Umgebung gewöhnlich nur gering im Verhältniß zur innern Tiefe iſt, 3—4000 Fuß Höhe nach Außen iſt ſchon viel, und man findet Wälle, die nach Innen 10,000, nach Außen kaum 2000 Fuß abſinken. Doch kommen einige vor, in denen das Innere mit der äußern Fläche beiläufig gleich liegt. Der ſchmale Wall des Caſſini z. B. liegt 4100 Fuß über der innern und 3870 Fuß über der äußern Fläche, eine zu geringe Differenz, um verbürgt werden zu können, und in ähnlichem Falle ſind viele derjenigen Ringgebirge, die ſich nur einige hundert bis tauſend Fuß erheben, beſonders wenn ihr Umfang etwas beträchtlich iſt.

Bei andern dagegen ſcheint ein Abhang nach Außen ganz zu fehlen, ſo daß ſie gar nicht als Gebirge betrachtet werden können, ſondern die Tiefe ein bloßes Loch iſt, das, ausgefüllt, mit dem Niveau der Ebene zuſammenfallen würde. Es läßt ſich freilich ſchwer entſcheiden, ob dies irgendwo in aller Strenge ſtattfinde, oder der Abhang nur zu unbedeutend ſei, um uns bemerkbar werden zu können. Von dieſer Art ſcheinen Gauricus, Eichus und einige andere derſelben Gegend zu ſein.

Kurze Ausläufer ziehen an mehreren Ringgebirgen nach verſchiedenen Seiten hin, bedeutende Gebirgsketten dagegen nehmen nie auf dieſe Weiſe ihren Urſprung, im Gegentheil ziehen dieſe oft an Ringgebirgen ganz dicht vorbei, ohne mit ihnen zuſammen zu hängen. So liegt ein mittelgroßes Ringgebirg dem Hauptzuge der Pyrenäen ſo nahe, daß nur ein Zwiſchenraum von ½ Meile bleibt; gleichwohl iſt das enge Thal, das ſich zwiſchen beiden Gebirgen bildet, überall offen.

Von andern ziehen Lichtſtreifen über die Umgegend hin und umgeben das Ringgebirg, im Vollmonde betrachtet, mit einem Nimbus von Strahlen, die in einzelnen Fällen ſich über 100 Meilen fortziehen. Im Vollmonde ſieht man in den hellern Gegenden beinahe nichts als dieſe Strahlen und zwiſchen ihnen Lichtpunkte. In ſchräger Beleuchtung verſchwinden die Strahlen, und die Berge, welche an ihrer Stelle ſichtbar werden, haben der Form nach gar nichts mit ihnen gemein; einige der breitern und hellern Strahlen können noch einigermaßen wahrgenommen werden, wenn man die Berge ſchon ſieht, und man kann ſich dann leicht überzeugen, daß ſie außer aller Beziehung zu dieſen ſtehen. Ueberhaupt aber muß man ſich hüten, von der größeren Helligkeit einer Gegend ſofort auf größere Höhen zu ſchließen. Wie bereits bemerkt, iſt der Vollmond gar nicht diejenige Lichtgeſtalt, wo man ſich über die Gebirgsformen des Mondes belehren kann; nur allein die Licht- und Farbenverhältniſſe treten dann deutlicher hervor und können unabhängig von den Gebirgen dargeſtellt werden.

Auf den frühern Mondkarten iſt viel Verwirrung dadurch entſtanden, daß man dieſe Lichtſtreifen für Bergketten hielt, die ſich von einem Hauptringgebirge nach allen Seiten hin erſtrecken. Bergketten finden ſich, wie ſchon bemerkt, auf dem Monde nur wenige, und in Strahlenform kommen gar keine vor. Hevel hat eine Menge ſolcher Montes auf ſeiner

Karte gezeichnet und benannt, die sämmtlich gestrichen werden müssen, und noch Schröter hat diesen Irrthum festgehalten, was bei einem so fleißigen und vieljährigen Mondbeobachter zu verwundern ist. Zwar giebt er den Streifen überall nur geringe Erhebungen, allein auch diese sind irrthümlich. Sie scheinen in der That von nichts als den eigenthümlichen Bestandtheilen des Bodens abzuhängen und müssen nicht sowohl orographisch als (seleno-) gnostisch betrachtet werden; freilich werden wir über ihre innere Natur stets nur Vermuthungen haben.

Zwar eine ziemliche Auswahl von Ringgebirgen sieht man im Vollmonde als Lichtringe, nur sind diese gewöhnlich, und zwar gerade bei den höchsten und mächtigsten Ringgebirgen, so schwach, daß man sie nur mit großer Mühe unterscheidet. Andere glänzen mit ihrer ganzen Fläche, so daß man keinen Lichtring, sondern einen hellen runden Fleck bemerkt, der bei etwas größeren Ringgebirgen gewöhnlich stark verwaschen ist, wie bei Aristillus, Autolycus, Theätetus, Manilius u. a. Aber die meisten, und darunter gerade die kolossalsten Gebilde dieser Art, verschwinden im Vollmonde so gänzlich, daß auch nicht die geringste Spur ihres Ortes übrig bleibt. Von dem großen, überaus prachtvollen Petavius, der einen vollständig doppelten Hauptwall, zahlreiche Terrassen, eine beulenförmige Centralerhebung, auf dieser ein kleines Massengebirg, wo man gegen 14 einzelne Gipfel unterscheidet, eine breite tiefe Furche und mehrere, auf seiner innern Fläche streichende Hügelrücken hat, ist im Vollmonde nicht die kleinste Spur aufzufinden und Hunderte von Ringgebirgen sind in demselben Falle.

Das am stärksten glänzende Ringgebirg, das zugleich den hellsten Fleck des ganzen Mondes bildet, ist Aristarch, von dem Hevel annahm, es sei ein beständig brennender Vulkan, was später oft wiederholt worden ist. — Wahr-

ſcheinlich hat er eine ſehr regelmäßige Hohlſpiegelform und giebt uns das Bild der Sonne wieder, weshalb auch ſeine ganze Fläche glänzt. Wäre Ariſtarch, oder irgend ein anderer dieſer hellglänzenden Punkte, wirklich ein Vulkan im Sinne unſerer feuerſpeienden Berge, ſo würde er in der Nacht des Mondes ſich ganz beſonders hervorheben, während noch nie ein Phänomen der Art geſehen worden iſt. Im Erdenlichte wird er, zwar ebenfalls ſtärker als andere Berge, doch aber nur ſchwachleuchtend wahrgenommen, und wenn man das Erdenlicht nicht wahrnimmt, alſo in Beziehung auf unſern Anblick eine wirklich dunkle Mondnacht eintritt, ſehen wir auch vom Ariſtarch keine Spur mehr, ſo wenig als von irgend einem andern Mondgebilde.

Den kleinern und kleinſten Ringgebirgen des Mondes hat man den Namen Krater beigelegt, wiewohl Einige dieſen Namen auch auf größere Gebilde angewandt haben. Eine beſtimmte Grenze läßt ſich nicht feſtſetzen, ſondern nur im Allgemeinen angeben, daß, je kleiner die Durchmeſſer werden, deſto größere Regelmäßigkeit und Friſche der Form gefunden wird. Der Wall in dieſen kleinern, bis zur untern Grenze des Erkennbaren herabgehenden Ringformen iſt faſt immer einfach und trägt ſelten einen beſondern Gipfel, ſondern der Kamm geht in gleicher Höhe rings herum. Die Böſchungswinkel ſind gewöhnlich noch ſteiler als bei den größeren Ringgebirgen, was man daraus erkennt, daß einzelne Krater bis vier Tage nach dem Aufgange der Sonne noch deutliche Schatten zeigen, ſo daß auf einen bis zu 70° gehenden Böſchungswinkel geſchloſſen werden muß. Auch nach Außen ſind die Abfälle gewöhnlich ziemlich ſteil. Centralberge kommen auch noch vor; daß ſie nicht häufiger geſehen werden, liegt wohl mehr in der großen Schwierigkeit ihrer Beobachtung, als in einem wirklichen Mangel an dieſen Formen.

Bald nach dem Aufgange der Sonne ſehen dieſe Krater,

besonders wenn sie in einer Ebene liegen, wie schwarze Löcher aus, da der Schatten sich bei Weitem mehr hervorhebt, als die Wälle, welche ihn werfen, und auf dem Monde alle Schatten pechschwarz erscheinen. Rückt der Tag (des Mondes) weiter vor, so verschwinden allmälig die Krater, die ohne Schatten sich nicht hinreichend hervorheben können, und nur eine kleine Anzahl derselben bleibt gut sichtbar. Rückt endlich die Sonne in den Meridian der betreffenden Landschaft, so sieht man an der Stelle vieler (bei Weitem nicht aller) Krater einen Lichtpunkt oder Lichtring, und einige derselben sind von einem ungemein schönen und zarten Glanze umschimmert, selten umstrahlt. Nichts ist sonderbarer, aber auch nichts häufiger, als daß von zwei nahe zusammenstehenden und einander, so weit wir es beurtheilen können, in jeder Beziehung völlig gleichen Kratern der eine im Vollmonde als schöner Lichtpunkt glänzt und von dem andern auch nicht die kleinste Spur gefunden wird. Man kann also keineswegs erwarten, alle Krater durch diese Lichtpunkte kennen zu lernen; man kann sogar nicht einmal behaupten, daß jeder Lichtfleck einen Krater repräsentire. Bei aufmerksam fortgesetzter Beobachtung findet man oft, daß der Glanzpunkt von einem Berge herrührt, und in nicht seltenen Fällen gewahrt man an der Stelle, wo im Vollmonde ein heller Lichtfleck glänzte, später gar nichts mehr, während andere ganz ähnliche als Krater sichtbar werden.

Die Anzahl der Krater auf der diesseitigen Mondhalbkugel, bis zur Grenze der Sichtbarkeit herab, dürfte gegen 40,000—50,000 betragen. In manchen Gegenden, wie zwischen Eratosthenes und Kopernikus, wimmelt es förmlich von Kratern, die man einzeln kaum noch unterscheidet, und einen ähnlichen Anblick gewähren viele Gegenden, wo man gar keine mehr einzeln sieht. Wie die Nebelflecke des Firmaments nur zum Theil wirklich in einzelne Sterne aufge-

löſt werden können, dem größern Theile nach aber nur die Auflöslichkeit ahnen laſſen, ſo iſt es auch mit den Kraterhaufen der Mondfläche.

Bis zu 1/8 Meile Durchmeſſer herab iſt es noch möglich, ſie aufzufinden und als Krater zu erkennen; bei noch kleinerem Durchmeſſer verſchwinden ſie aber oder zeigen ſich doch nicht beſtimmt genug. Man kann hieraus abnehmen, daß ihre Zahl in der Wirklichkeit noch weit größer als die oben angegebene ſei.

Dieſe Krater zeigen ſich in den allerverſchiedenſten Combinationen und Localitäten. In freien Ebenen ſind ſie am beſten zu erkennen, doch ſcheinen ſie in den gebirgigen Gegenden noch häufiger zu ſein. Sie kommen im Innern der Ringgebirge und Wallebenen, faſt noch mehr jedoch auf und in ihrem Walle ſelbſt vor; einige dieſer Ringwälle ſind von ſolchen Kratern ganz zerſtückt und zerklüftet, wie Maginus, Longomontanus, Albategnius. Auch ſelbſt auf den Gipfeln einzeln ſtehender Berge kommen ſie, wiewohl im Ganzen nur ſelten, vor; der Gipfel des Huygens z. B. trägt einen Krater. — Nach den Rändern der Mondſcheibe zu ſind ſie ſchwer zu erkennen, oder vielmehr von den eigentlichen Bergen zu unterſcheiden, da alsdann für unſern Anblick leicht ein Wall den andern verdeckt, und wir aus demſelben Grunde nicht in ſeine Tiefe hineinſehen können; doch iſt nicht anzunehmen, daß ſie dort wirklich ſeltner ſein ſollten, als in den beſſer ſichtbaren Gegenden.

Man hat Krater, welche zu zweien und mehreren in einer Reihe an einander hängen, ſo daß der zwiſchen je zweien liegende Wall beiden gemeinſchaftlich iſt, oder ihre Wälle ſich doch wenigſtens berühren: eine Form, welche man Doppelkrater nennen könnte. In andern Fällen iſt die Verbindung noch inniger: an der Berührungsſtelle fehlt der Wall gänzlich und ein offener Paß führt aus einer Tiefe

unmittelbar in die benachbarte, wodurch, wenn die beiden Krater von merklich ungleicher Dimension sind, birnförmige Gebilde entstehen, die auch wirklich nicht selten vorkommen. Häufiger jedoch sind die auf solche Weise verbundenen Krater nur wenig oder gar nicht an Größe verschieden. Sind diese Oeffnungen sehr weit, und setzt sich die Reihe der Krater durch viele kleine Glieder fort, so bekommt das Ganze leicht das Ansehen eines Canals, der sich stellenweise etwas erweitert und verengt, und so ist der Uebergang zu denjenigen Formen gegeben, mit welchen wir diese Betrachtung der Mondgebirge beschließen, nemlich den sogenannten Rillen, schmalen Furchen ohne erhebliche Krümmung, oft geradlinig durch die Ebene hinziehend. Sie sind sehr schwer zu erkennen, da sie zwar gewöhnlich viele (bis über 30) Meilen lang, aber auch mit wenigen Ausnahmen sehr schmal sind. Sie ziehen auch selbst über Berge hin, wiewohl häufiger (oder leichter kenntlich) in ebenen Gegenden und stehen mit den übrigen Gebirgsformen des Mondes nur selten in einem erkennbaren Zusammenhange. Sie können nicht mit unsern Flußthälern verglichen werden, die mit ihren Krümmungen, Zuflüssen und Armen, u. dergl. ein ganz anderes Ansehen als die Rillen geben müssen, die überdies gewöhnlich in gleichbleibender Breite hinstreichen. Man erblickt auf dem Monde in größern Ferngläsern mehrere Hundert solcher Rillen, im Gassendi allein 13.

Zuletzt entstände noch die Frage, auf welche Weise die Mondoberfläche sich so ganz verschieden von der Erdoberfläche gestaltet haben möge? Hier drängt sich unwillkührlich die Meinung auf, daß sich diese Ringformen von Innen heraus, also auf dem Wege der Eruption, so gestaltet haben möchten, wie wir sie finden. Kein Niederschlag aus Gewässern könnte jemals solche Formen erzeugen, und hat sie auf der Erde nicht erzeugt: die wenigen Bildungen auf unserm Pla-

neten, die wir mit denen des Mondes etwa vergleichen könnten, z. B. der Laacherſee bei Andernach, ſind entſchieden auf vulkaniſchem Wege entſtanden. Noch weniger aber wird man ſich bewogen finden, die abenteuerliche Meinung von einem Zuſammenballen des Mondes aus mehreren Kugeln, die gleichſam wie Bomben in den noch weichen, nachgebenden Mondboden eingeſchlagen hätten, zu adoptiren. Ein ſo arg gemißhandelter Weltkörper würde uns gewiß ein ganz anderes Anſehen zeigen: das Innere der Tiefen z. B. würde nach der Mitte zu aufgetrieben erſcheinen, die Centralberge in ihrer gegenwärtigen Geſtalt würden fehlen u. dergl. m. — Wenn man aber auch die Entſtehung der Ringgebirge des Mondes eine vulkaniſche nennt, ſo kann man doch den Ausdruck nicht ſo ohne Weiteres annehmen, und am wenigſten darf an einen Feuerausbruch gedacht werden; denn nicht allein ſcheinen die Bedingungen eines ſolchen Ausbruchs — und des Feuers überhaupt — dem Monde ganz zu fehlen, ſondern die Formen, welche uns die heutigen Vulkane darbieten, ſind auch gänzlich von denen verſchieden, die uns der Mond zeigt, und noch nie iſt ein Feuerausbruch dort wirklich beobachtet worden, ſo leicht und unzweideutig dies auch wäre, wenn jemals ein ſolcher Vulkan in der Nacht (des Mondes) ausbräche. Es hat im Gegentheil allen Anſchein, als ſeien Gaseruptionen ohne wirkliches Feuer hier thätig geweſen. *) Das Innere der Mondkugel ſcheint in einem Zuſtande ſtarker Compreſſion und zugleich bedeutender Erhitzung geweſen zu ſein, als die Oberfläche ſchon im Erkalten und Feſtwerden begriffen war, und die abgeſchiedenen gasförmigen Maſſen

*) Als ich einem erfahrenen Chemiker, Herrn Profeſſor Goebel, den Mond im Dorpater Refractor zeigte, erklärte er ſich auf der Stelle für dieſe Entſtehungsweiſe, als einer ganz unverkennbar und ungezwungen ſich darbietenden.

ſcheinen keinen andern Ausgang gehabt zu haben, als den eines gewaltſamen Durchbruchs durch die Mondoberfläche. Wenn nun dieſe Ausbrüche zuerſt in den gewaltigſten Maſſen und folglich im größten Maaßſtabe ſtattfanden und ſich über den Mond im Ganzen verbreiteten, ſpäter aber immer mehr und mehr auf einzelne Localitäten beſchränkt und nur wie Nachwirkungen zu betrachten waren, ſo erklärt ſich, weshalb überall die kleinern Formen die größern zerklüftet und unkenntlich gemacht haben, weshalb ſie eine im Ganzen größere Regelmäßigkeit und Friſche zeigen und in ſo ſehr verſchiedenen Localitäten angetroffen werden. Man kann nichts Aehnlicheres ſehen, als dieſe Ringwälle und einen geſprengten Minenkeſſel, und die bedeutenden Dimenſionen, welche die größeren unter dieſen Formen zeigen, werden uns nicht Wunder nehmen, wenn wir die 6mal geringere Schwerkraft auf dem Monde in Betracht ziehen, welche der erumpirenden Kraft geſtattete, die Maſſen auch in eben demſelben Verhältniß weiter zu werfen. Nimmt man nun an, daß es ſpäter, als die Ausbrüche ſich immer mehr vereinzelt und geſchwächt hatten, nicht in jedem Falle zu einem wirklichen Durchbruch kam, ſondern die widerſtehenden Maſſen blos mehr oder weniger gehoben wurden, ſo erklären ſich auch die Centralberge, ſo wie die übrigen iſolirten Berge, auf eine ſehr einfache Weiſe. Dieſe ſpätern Ausbrüche werden ſich nemlich jederzeit nach demjenigen Punkte gewandt haben, wo der Widerſtand der Maſſen der geringſte war, und dies waren offenbar die Stellen, welche, durch frühere Ausbrüche aufgelockert und durcheinander geworfen, nicht zu dem Grade der Cohäſion wieder gelangen konnten, wie die übrigen Theile, alſo das Innere und vorzugsweiſe die Mitte der Ringgebirge, in denen ſich nun ein von Innen emporgetriebener Berg erhob.

Daß auch die Kraterreihen, ſo wie die Bergadern und

Rillen, ſich ſo am naturgemäßeſten erklären, iſt leicht zu zeigen. Die nach einem Ausgange ſtrebenden Gaſe werden nemlich nicht immer vom Centro her ſenkrecht gegen die Oberfläche, ſondern oft auch der letzteren parallel und gleichſam unter ihr hinwegſtreichend gewirkt haben, und der Erfolg war, je nachdem eine Durchſprengung des Bodens erfolgte oder nicht, eine Bergader oder eine Rille, auch wohl eine Kraterkette. — Gegenwärtig ſcheint dieſer Bildungsproceß des Mondes längſt vorüber und abgeſchloſſen zu ſein. Man hat noch keinen Krater oder ſonſt etwas Aehnliches mit Sicherheit als neu entſtanden wahrgenommen. Freilich gehörte zu einer ſolchen Verſicherung, daß die betreffende Gegend früher auf's Sorgfältigſte beobachtet, gemeſſen und gezeichnet worden wäre, um ſicher zu ſein, nichts Wahrnehmbares überſehen zu haben, und dazu für den geſammten Mond zu gelangen, iſt wahrlich keine Kleinigkeit, wenn man die Hunderttauſende von größern und kleinern wahrnehmbaren Gegenſtänden bedenkt; und wie die Erde noch jetzt dann und wann eine neue Inſel erzeugt, ſo wäre es auch möglich, daß irgend ein kleines Mondgebilde einſt unter unſern Augen gleichſam neu entſtände — möglich, ſage ich, aber nach meinen eigenen bisherigen Erfahrungen und einer vorurtheilsfreien Kritik der Wahrnehmungen andrer Aſtronomen keineswegs wahrſcheinlich.

XXI.

Der Fixſternhimmel.

Wie großartig auch immerhin die Verhältniſſe erſcheinen mögen, die das Sonnenſyſtem mit ſeinen Planeten, Monden,

Kometen und Meteorgruppen uns darbietet, dennoch ist alles dies zusammengenommen nur ein höchst unbedeutender Theil derjenigen Welt, welche jede heitere Nacht vor unsern Augen entrollt. Wie eine kleine Insel zur gesammten Erdkugel, so verhält sich das Sonnensystem zur Gesammtheit der Fixsterne, mögen wir nun auf die Größe, Masse und Mannichfaltigkeit der Individuen, oder auf die Räume sehen, die sie von einander und von unserm Sonnensysteme trennen.

Denn jeder Fixstern, den wir am Himmel wahrnehmen, sei es, daß das bloße Auge ihn uns zeigt, oder daß wir der Hülfe eines Fernrohrs zu seiner Erkennung gebrauchen, ist eine selbstständige, mit eigenem Lichte leuchtende Sonne. Nur so ist es erklärlich, wie sie in so ungeheuren Fernen uns noch wahrnehmbar werden, ja trotz eines selbst für unsere feinsten Meßwerkzeuge gänzlich verschwindenden Durchmessers so intensiv leuchten können. Dunkele, das Licht blos reflectirende Körper mögen immerhin sich zwischen ihnen befinden; wir können direct von ihnen nichts wissen und auf ihre Existenz nur nach Analogien schließen. Da wir nun schon mit bloßen Augen gegen fünf Tausend, mit Ferngläsern aber wenigstens eben so viel Millionen Sterne am Himmel erblicken, auch wenn wir die Milchstraße und Nebelflecken nicht hinzuzählen, so ist die obige Vergleichung gewiß gerechtfertigt.

Eine so ungeheure Anzahl von Weltkörpern würde es uns unmöglich machen, jedem einzelnen eine Aufmerksamkeit wie etwa den einzelnen Planeten zuzuwenden, auch wenn die Fixsterne nicht durch ihre ungeheure Entfernung jede nähere Untersuchung ihrer Eigenthümlichkeit vereitelten. Wir sehen in ihnen mit bloßen Augen strahlende (flimmernde) Lichtpunkte, und diese Strahlen nehmen einen desto größeren Raum ein, je heller der Glanz ist. Das Fernrohr zeigt uns den Fixstern frei von diesen Strahlen als einen ruhigen

Lichtpunkt, und zwar als einen desto feineren, je vollkommner das Instrument ist. Die Beobachtung kann uns also über ihre Größe, Gestalt, Oberflächentheile u. dergl. nichts lehren und wird auch nach aller Wahrscheinlichkeit dies niemals vermögen. Wohl haben die kleinen Scheibchen, welche die Fixsterne in den großen Teleskopen und Refractoren zeigen, Veranlassung zu Versuchen gegeben, ihre Durchmesser zu bestimmen. Allein obgleich diese Versuche sich an einen hochberühmten Namen knüpfen, so müssen sie dennoch als gänzlich verfehlt, ja als Mißverständnisse bezeichnet werden. Diese Scheibchen sind nichts als die Abbilder der Objectivöffnung, und wenn man z. B. dieser statt der gewöhnlichen kreisförmigen eine dreieckige Gestalt giebt, so werden auch alle Fixsterne sich als sehr kleine Dreiecke zeigen, während ein reell sichtbares, dem Gegenstande selbst gehörendes Scheibchen, unter allen Umständen ein solches bleibt.

Unkundige, die zum ersten Male durch ein größeres Fernrohr blicken, finden sich gewöhnlich, in Beziehung auf die Fixsterne, seltsam getäuscht: sie erwarten sie vergrößert zu sehen, und finden sie im Gegentheil kleiner (nemlich strahlenfreier) als mit bloßem Auge. Sie können übrigens auf der Erde ganz dieselbe Erfahrung machen: ein Kerzen- oder Lampenlicht, in dunkler Nacht aus einiger Entfernung gesehen, erscheint gleichfalls dem bloßen Auge größer, als dem bewaffneten: ersteres erblickt einen strahlenerfüllten Raum; letzteres zeigt nur die wirkliche Flamme.

Der Umstand, daß wir die Fixsterne nur als Punkte wahrnehmen, ist ein sehr günstiger für Bestimmung ihres Orts an der Himmelskugel. Diese Oerter der Fixsterne waren zwei Jahrtausende hindurch so ziemlich das Einzige, was man an ihnen beobachtete, und auch jetzt noch ist es für die wissenschaftliche Betrachtung das Wichtigste. Bei Weitem unvollkommener, als diese Ortsbestimmungen, sind

die Angaben über Größe — hier gleichbedeutend mit Glanz — der Fixsterne, die durchaus nur auf Schätzung beruhen und erst in neuester Zeit Aussicht auf eine bessere Grundlage haben (durch die von Steinheil eingeführten Helligkeits-Messungen). Nicht besser steht es mit den Angaben über Farbe der Sterne. Nur bei wenigen ist diese Farbe so intensiv, daß sie nicht verkannt werden kann; in den meisten Fällen ist nur eine sehr schwache Nuance der gewöhnlichen weißen oder weißgelblichen Farbe wahrzunehmen, und nicht jedes Auge, wäre es auch sonst noch so scharf und geübt, vermag diese Farben-Nuancen zu unterscheiden.

Ort, Größe und Farbe können nun möglicher Weise im Laufe der Zeit sich verändern und verändern sich wirklich; am häufigsten der erste, am seltensten letztere. Allein diese Veränderungen erfolgen, mindestens in Bezug auf unsere Wahrnehmung, so äußerst langsam, daß man erst in den beiden letzten Jahrhunderten etwas Bestimmtes darüber hat feststellen können. Auch wenn unser Leben so viele Jahrhunderte währte als es Jahre währt, wir würden dennoch nicht im Stande sein, beim Anblick mit bloßem Auge die stattgefundenen Veränderungen wahrzunehmen, 5 oder 6 Sterne etwa ausgenommen. Dieser relativen Unveränderlichkeit verdanken die Himmelskörper, von denen wir hier sprechen, den Namen Fixsterne.

Veränderungen des Ortes sind bisher etwa bei tausend Fixsternen wahrgenommen worden. Da indeß sichere, genaue Beobachtungen der Fixsternörter, die hier zur Vergleichung gezogen werden können, kaum ein Jahrhundert alt sind, so darf man annehmen, daß ihre Zahl von Jahrzehend zu Jahrzehend nicht unbeträchtlich wachsen werde, wenn es auch ziemlich gewiß ist, daß die stärkeren dieser Bewegungen uns mit wenigen Ausnahmen schon alle bekannt sind. Etwa 25 Fixsterne haben eine jährliche Fortbewegung von Einer

Secunde und darüber; die drei stärksten Bewegungen sind: 7, 5 und 4 Secunden jährlich. Bei etwa 80 Sternen ist sie zwischen $^1/_2$ und 1 Secunde, bei den meisten aber nur etwa $^1/_{10}$ und noch darunter. Eine jährliche Veränderung von $^1/_{20}$ Secunde läßt sich gegenwärtig noch nicht verbürgen.

Die stärkeren Bewegungen gehören zwar im Allgemeinen den helleren Sternen an, doch finden sich erhebliche Ausnahmen. Die oben angeführten drei stärksten kommen sämmtlich schwächeren, wenn auch dem bloßen Auge noch sichtbaren Sternen zu, während sich andererseits unter den Sternen zweiter und selbst erster Größe noch einige finden, deren Bewegung, ihrer Kleinheit wegen, bis jetzt noch nicht sicher erkannt ist.

Ueber die Natur dieser Bewegungen und die Gesetze, nach denen sie erfolgen, kann man bis jetzt nur Vermuthungen äußern, denn selbst die stärksten sind noch viel zu gering, um auf Bahnen von einer bestimmten Form aus ihnen schließen zu können. Zugleich ist einleuchtend, daß die von uns wahrgenommenen Ortsveränderungen zwei verschiedene Ursachen haben können: sie können *scheinbare*, nur durch Veränderung unseres Standortes erzeugte, oder auch *wirkliche*, den Fixsternen selbst angehörende sein. Zwar ist die Veränderung des Ortes der Erde, in ihrem jährlichen Laufe um die Sonne, wie wir weiterhin sehen werden, zu gering, um merkliche Aenderungen zu veranlassen; überdies müßten solche die Periode des Erdjahres haben. Allein möglicher Weise hat unsere Sonne, gemeinschaftlich mit ihrem ganzen System, selbst eine Bewegung, und diese müßte sich in den Fixsternen, auch wenn sie selbst in Ruhe wären, abspiegeln. Nach dieser Ansicht untersuchten schon *Herschel* und *Prevost* die wenigen Fixsterne, an denen zu ihrer Zeit eine Bewegung wahrgenommen war, und leiteten aus ihnen eine, gegen das Sternbild des Hercules gerichtete, Bewegung un-

serer Sonne her. Diese, von den Zeitgenossen mit großem Mißtrauen aufgenommenen Schlüsse haben sich später glänzend bestätigt: Argelander's und Otto Struve's Untersuchungen haben nahezu denselben Ort, den Herschel bezeichnete, für die Richtung der Sonnenbewegung ergeben, und dies mit einem Grade von Sicherheit, der jeden Zweifel verstummen macht. Sie konnten freilich eine mehr als zehnmal so große Anzahl von Fixsternen mit erkannter Bewegung zu Grunde legen, und diese Bewegungen selbst viel besser verbürgen; auch waren die von ihnen angewandten Berechnungsmethoden bei Weitem genauer als die Herschel'schen.

Eben diese Untersuchungen haben aber auch ergeben, daß die Bewegung unseres Sonnensystems jene Ortsveränderungen der Fixsterne nur zum Theil erklärt, und daß ein anderer Theil ihnen selbst angehören muß, daß also in den von uns wahrgenommenen Veränderungen beide obige Ursachen vereinigt sind. Dies war auch a priori zu vermuthen; denn ist die Sonne gleicher Natur mit den Fixsternen, so ist es eben so unwahrscheinlich, daß unsere Sonne ausschließlich sich bewege, als daß sie eine Ausnahme machen und ruhen werde, während die übrigen Sonnen ihren Ort veränderten.

So weit waren die Untersuchungen vorgerückt, als ganz neuerlich (1844) ein höchst wichtiger Aufsatz von Bessel erschien, in welchem überzeugend dargethan ward, daß wenigstens bei zwei der hellsten Fixsterne (Sirius und Procyon) die Bewegung, trotz ihrer Kleinheit, nicht durch eine grade Linie oder eine einfache Curve dargestellt werden könne, sondern daß — auch abgesehen von der Bewegung unserer Sonne — hier zwei verschiedene Veränderungen sich vereinigen müßten. Er schließt daraus, daß diese beiden Sterne noch außerdem eine Bahn um einen ihnen verhältnißmäßig sehr nahen Körper beschreiben müßten. Wir erblicken einen

ſolchen nicht, müſſen folglich annehmen, daß er ein dunkler oder doch zu ſchwach leuchtender ſei, während wir ihm andererſeits eine ſehr beträchtliche Maſſe zuſchreiben müſſen, da er ſonſt ſo anſehnliche Körper, wie die genannten Fixſterne, nicht um ſich würde herumführen können. Es wäre dies die erſte ſichere Kunde von der Exiſtenz dunkler Körper in der Fixſternwelt, freilich nicht ſolcher, wie ſie ſich um unſere Sonne bewegen, ſondern Körper einer weit höhern Ordnung, da ſie umgekehrt Sonnen zu Trabanten haben. Doch wird es nöthig ſein, durch möglichſt genaue Beobachtungen des Ortes dieſer und anderer Fixſterne das merkwürdige Factum noch näher zu beſtimmen, da Beſſel außer ſeinen eigenen höchſt genauen Beobachtungen nur wenige frühere fand, denen bei einer ſo delicaten Unterſuchung ein Stimmrecht eingeräumt werden konnte.

Die zweite Art der oben angegebenen Veränderungen, die des Lichtglanzes (der Größe), iſt erſt bei etwa 30 Sternen bekannt, und unter dieſen ſind noch einige ungewiß. Eine ſtarke, augenfällige Veränderung kommt nur in etwa 5 Fällen vor; die übrigen zeigen eine geringere, nur bei ſorgfältiger und anhaltend fortgeſetzter Vergleichung wahrnehmbare Veränderung. Das Fernrohr iſt hier nur von beſchränktem Gebrauche, denn da es darauf ankommt, den zu unterſuchenden Stern mit andern benachbarten zu vergleichen, folglich ſie gleichzeitig im Auge zu haben, ſo wird höchſtens nur ein ſehr kleines Fernrohr (Taſchenperſpectiv) gebraucht werden können, um ein hinreichend großes Geſichtsfeld zu behalten. Nur in den — bis jetzt ſehr ſeltenen — Fällen, wo ein teleſkopiſcher Stern eine merkliche Veränderlichkeit zeigt, und ein anderer ihm optiſch ſehr nahe ſteht, dürften größere Fernröhre anwendbar ſein.

Algol, am Kopfe der Medusa, Mira, im Wallfiſche und ein Stern (χ) im Schwan, ſind die auffallendſten Bei-

ſpiele der Veränderlichkeit, und zugleich ſolche, in denen eine regelmäßige Periode bekannt iſt. Bei dem erſtgenannten beträgt ſie 68 Stunden, bei den beiden übrigen 336 und 490 Tage. Andere haben Perioden von 3, 5, 12, 30, 60 Tagen; bei mehreren iſt ſie noch unbeſtimmt oder auch wohl ſelbſt veränderlich, und eben ſo iſt das größte und kleinſte Licht nicht in jeder Periode ſtets daſſelbe. Ein Beiſpiel der letztern Art giebt Mira des Wallfiſches, der zuweilen im Maximo die zweite, zuweilen nur die dritte oder ſelbſt noch geringere Größe erreicht, während er im kleinſten Lichte dem bloßen Auge und ſogar den meiſten Fernröhren ganz verſchwindet.

Wir vermögen die Urſachen dieſer Veränderungen nicht mit Beſtimmtheit anzugeben. Wo (wie bei Algol) die Verdunkelung nur 2—3 Stunden währt, während der Stern in der ganzen übrigen Zeit der Periode einen gleichen Glanz zeigt, iſt die wahrſcheinlichſte Annahme die, daß ein dunkler, aber dem Fixſtern an Größe nahe gleichkommender Körper in der angegebenen Zeit um ihn herumläuft, und zwar in einer Ebene, welche ganz oder beinahe mit unſerer Geſichtslinie zuſammenfällt. Wir beobachteten alſo in dieſem Falle eine regelmäßig wiederkehrende Fixſternfinſterniß. Aber wir kennen bis jetzt nur dieſes eine Beiſpiel der angegebenen Art, und bei den meiſten veränderlichen Fixſternen, namentlich denen von langer Periode, verhält die Sache ſich vielmehr umgekehrt: der Stern bleibt nur eine kurze Zeit hell und iſt den bei Weitem größten Theil der Periode über dem kleinſten Lichte weit näher, als dem größten. Hier liegt eine andere Erklärung näher: der Fixſtern hat dunkle Flecke, wie unſere Sonne, nur bei Weitem häufiger, und zwar vorzugsweiſe auf einer Seite. Oder auch ſo: er leuchtet nicht aus allen Punkten ſeiner Oberfläche, ſondern hauptſächlich nur aus einem oder einigen wenigen, die faſt ganz nach einer Seite hin liegen. In beiden Fällen würde die wahrgenom-

mene Periode die Umdrehungsperiode des Fixsterns um seine Axe sein. Oder endlich: das Leuchten eines solchen Sternes ist selbst nur periodisch, und nicht, wie bei unserer Sonne und den meisten übrigen Sternen, constant. Doch es kann wenig fruchten, Hypothesen auf Hypothesen zu häufen, während wir es für jetzt wenigstens aufgeben müssen, zwischen ihnen zu entscheiden. Bei Weitem fruchtbringender ist es, die noch ziemlich spärlichen Beobachtungen auf diesem Felde möglichst zu vervielfältigen, ein Geschäft, das gerade diejenigen wählen sollten, die keine Mittel haben, mit gut ausgerüsteten Sternwarten zu concurriren, auch in weit aussehende und schwierige Berechnungen sich nicht einlassen können oder wollen, und gleichwohl wünschen, auch ihrerseits einen Beitrag zur Förderung der Wissenschaft zu liefern.

In die Rubrik der veränderlichen Sterne gehören im weitern Sinne auch die neu erschienenen und verschwundenen Fixsterne. Was die ersteren betrifft, so ist allerdings auf die Nachrichten aus dem Alterthume, wo man nicht allein Fixsterne mit Kometen, sondern wohl gar Himmelskörper mit Lufterscheinungen und Sternschnuppen verwechselte, wenig zu geben. Aber vom Jahre 1572, wo der berühmte neue Stern des Tycho erschien, bis zu Ende des 17. Jahrhunderts können vier gut constatirte und von namhaften Astronomen genau beobachtete Fälle von neu erschienenen Sternen, aufgeführt werden. Sie flammten stets plötzlich auf an Stellen, wo bisher kein — wenigstens kein dem bloßen Auge sichtbarer — Stern gestanden hatte, und entfalteten einen hellen Glanz (der Stern von 1572 war am hellen Tage mit freiem Auge sichtbar). Nachdem sie etwa ein oder zwei Jahre geglänzt hatten, nahmen sie ab und verschwanden, jedoch nicht plötzlich, wie sie erschienen waren sondern ganz allmälig; einer von ihnen ist auch als schwacher, Stern fortwährend sichtbar geblieben.

Ein ähnliches Phänomen beobachtete John Herschel im Jahre 1837 am Cap. Ein Stern (η der Argo), in Europa nicht sichtbar und an Helligkeit etwa den bekannten 5 Cassiopejasternen gleich, nahm in der kurzen Zeit eines Monats an Glanz dergestalt zu, daß am ganzen Firmament nur drei Sterne ihn übertrafen. Aber schon nach 6 Wochen nahm er an Glanz wieder etwas ab, aber noch immer ist er viel heller als er früher war.

An Erklärungsversuchen, zum Theil der monströsesten Art, hat es auch bei diesen Phänomenen nicht gefehlt. Statt sie hier aufzuführen, will ich lieber erwähnen, daß — freilich nach weniger zu verbürgenden Nachrichten — in den Jahren 945 und 1260 der christlichen Zeitrechnung, und zwar gleichfalls wie 1572 im Sternbilde der Cassiopeja, neue glänzende Sterne erschienen und wieder verschwunden sind. Die 3 Jahrzahlen 945, 1260 und 1572 geben Zwischenräume von 315 und 312 Jahren, oder, da der letztere bis 1574 stehen blieb, 315 und 314 Jahren. Diese Uebereinstimmung des Orts, wie der Periode, ist wahrscheinlich nicht zufällig, und wenn wir auch dadurch auf die wahre und eigentliche Ursache nicht geführt werden, so leitet uns diese Bemerkung doch zu dem Schlusse, daß wir hier nicht den Untergang einer Welt im Feuer — wofür die Majorität der Zeitgenossen sich entschied — sondern etwas beobachtet haben, was einer festen und bleibenden Ordnung der Dinge angehört. Darüber hinaus aber vermögen wir nichts zu erforschen.

Von eigentlich verschwundenen Sternen — die oben erwähnten wieder verschwundenen abgerechnet — ist kein gewisses Beispiel vorhanden. Wohl kommen in den frühern Katalogen Sterne vor, die man hernach an dem angegebenen Orte oder auch in der Nähe vergebens gesucht hat, allein dies sind wahrscheinlich Beobachtungs- oder Schreibfehler gewesen, oder es ergab sich später, daß die Beobachtung

gar keinem Fixſtern, ſondern etwa einem erſt ſpäter als ſolchen erkannten Planeten angehörte. Wenn ein ſehr ſchwacher, nur in Rieſenfernröhren ſichtbarer teleſkopiſcher Stern ſpäter nicht wiedergefunden wird, ſo kann dies nur ſehr unwahrſcheinlich auf ein reelles Verſchwinden bezogen werden, ſondern etwa darauf, daß die Luft während der Beobachtung eine ausgezeichnete, nicht ſo leicht ſich wiederholende Durchſichtigkeit hatte, oder auch daß der Glanz des kleinen Sterns wirklich etwas veränderlich iſt. Zu Hipparch's Zeiten ſoll ein Plejadenſtern verſchwunden, und dieſer Aſtronom dadurch zu ſeiner Durchmuſterung und Beobachtung aller gut ſichtbaren Sterne veranlaßt worden ſein. Man kann einem Irrthume Großes zu verdanken haben, aber er bleibt dennoch ein Irrthum. Wenigſtens iſt die Nachricht viel zu unbeſtimmt.

Endlich die Sternfarben und ihre etwaigen Veränderungen. Wir finden neben Weiß und Gelb zunächſt mehrere rothe, ſodann grüne, blaue, gold- und purpurfarbene, ja aſchfarbene Sterne, insbeſondere bei den weiterhin zu beſprechenden Doppelſternen. Dieſe verſchiedenen Farben führen darauf, daß das Licht der Fixſterne nicht durchaus gleicher Natur, ſondern wie quantitativ, ſo auch qualitativ verſchieden ſei, möge nun die Quelle dieſer Verſchiedenheit ſein, welche ſie wolle. Auch noch andere Beobachtungen führen auf ſolche Differenzen: die Form der Spectra, welche man bei der Brechung des Lichts im Prisma erhält, iſt nicht für alle Fixſterne dieſelbe; ſo geben z. B. Caſtor und Pollux ein ganz verſchiedenes Prismenbild.

In dieſer Verſchiedenheit liegt übrigens nichts, was Befremden erregen oder zu ſo gezwungenen und unwahrſcheinlichen Erklärungen nöthigen könnte, wie ſie z. B. Doppler verſuchte, der ſie aus ganz ungeheuren — und gar nicht im Univerſum exiſtirenden — Geſchwindigkeiten der Him-

melskörper herleiten wollte. Hat doch selbst auf unserer Erde die Flamme, je nach den Materien, wodurch sie genährt wird, oder den Gasarten, in denen sie brennt, eine verschiedene Farbe, und eben so wird ein und dasselbe Sonnenlicht von den verschiedenen Planeten in sehr mannichfaltiger Weise reflectirt.

Auch in diesen Farben scheinen nun Veränderungen vorzugehen, doch läßt sich kein einziges ganz gewisses Factum darüber anführen. Die Alten nannten den Sirius roth, wir finden ihn weiß. Allein es sind nicht sowohl die Astronomen, als die Dichter, die von der rubra canicula erzählen, und da Sirius, wie jeder Fixstern, in den Dünsten des Horizonts allerdings roth erscheint, bei den Alten auch fast nur von den Auf- und Untergängen der Sterne die Rede ist — bei Sirius waren namentlich die ersten Aufgänge im Jahre sehr wichtig, als Verkündiger der Nilüberschwemmung — so vermögen wir nicht gewiß zu sagen, ob Sirius den Griechen und Römern wirklich in einer andern Farbe als uns erschienen sei. Ferner finden sich zwei Sterne, γ des Löwen und γ des Delphins, die Herschel als weiß bezeichnet und die jetzt goldfarbig erscheinen. Nun aber beobachtete Herschel mit einem Instrument, welches an sich nicht ganz farbenfrei war, und seine Sternfarben sind im Ganzen weit häufiger roth, als bei Struve und den Neüeren überhaupt. Hier wäre nun allerdings der Fall umgekehrt, das Teleskop hätte zwei Sterne weiß gezeigt, die jetzt röthlich erscheinen. Aber wie leicht ist bei einer einzelnen Wahrnehmung — und mehr scheint Herschel nicht angestellt zu haben — eine Täuschung möglich, zumal wenn man an den verschiedenen Luftzustand denkt.

Wie man aus dem Angeführten sieht, ist die Welt der Fixsterne, im Allgemeinen betrachtet, eine Welt der Dauer, des festen, bleibenden Bestandes. Wohl mag der Haupt-

grund, daß wir nur ſo wenige und langſame Veränderungen wahrnehmen, die ungeheure Entfernung ſein, die uns von dieſen trennt. Indeß iſt dieſe Entfernung jetzt nicht mehr ſo abſolut unmeßbar, wie ſie noch vor wenigen Jahren war; wir haben, wie ſogleich gezeigt werden ſoll, von einigen wenigen Fixſternen die Entfernung ermittelt; es fehlt uns alſo nicht mehr an einem wenigſtens wahrſcheinlichen Maßſtabe, um die ſcheinbaren Veränderungen, welche wir beobachten, auf wirkliche zu reduciren, und die Zeit iſt vielleicht nicht ſo ſehr entfernt, wo wir über die Geſtalt der Fixſternwelt im Ganzen, wie über die ihrer einzelnen Gruppen, etwas Beſtimmteres werden ausſagen können. So viel indeß ſcheint ſchon jetzt hervorzugehen, daß das allgemeine, die ſämmtlichen Fixſterne vereinigende Band, verhältnißmäßig nur ein ſchwaches ſei, und daß die größeren und kleineren Gruppen, in die ſie zerfallen, unter ſich ſelbſt eine ſehr enge und beſtimmte, mit dem Ganzen aber nur eine lockere Verbindung haben. Namentlich aber iſt die Exiſtenz eines allgemeinen Centralkörpers für alle Fixſterne ſehr zweifelhaft, und zwar nicht nur weil wir keinen ſolchen wahrnehmen, ſondern hauptſächlich deshalb, weil die bis jetzt wahrgenommenen Bewegungen nach zu verſchiedenen Richtungen gehen.

XXII.

Die Fixſternparallaxen.

Den Begriff der Parallaxe im Allgemeinen haben wir bereits feſtgeſtellt, doch wird es gut ſein, hier näher anzugeben, was unter Fixſternparallaxen zu verſtehen ſei. Wenn die Erde in ihrem Laufe um die Sonne ihren Ort im Weltraume än-

dert, und zwar so, daß sie je nach 6 Monaten um die doppelte Entfernung von der Sonne, oder 41 Millionen Meilen, von ihrem vorigen Orte entfernt ist, so muß auch die Richtungslinie, von der Erde zu einem Fixstern gezogen, eine andere Lage annehmen, folglich der scheinbare Ort des Fixsterns ein anderer sein. Nach einem Jahre, wo die Erde wieder zu ihrem vorigen Stande zurückgekehrt ist, müßte dann auch der Fixstern wieder zu seinem ersten Orte zurückgekehrt sein. Die Abweichung dieser verschiedenen Richtungslinien unter einander wird desto kleiner sein, je weiter der Fixstern entfernt ist, und er könnte möglicher Weise in einer so großen Entfernung stehen, daß die Veränderung der Richtungslinien (des scheinbaren Ortes) für unsere Wahrnehmung zu gering ist. Wäre z. B. der Fixstern 10 Millionen Mal weiter von uns entfernt als die Sonne, so würden auch die sorgfältigsten Messungen, mit den genauesten und kräftigsten Instrumenten angestellt, nichts von einer solchen Veränderung verrathen können.

Wie ein rother Faden ziehen sich die Bemühungen der Astronomen, diese von der Erdbewegung herrührende scheinbare Ortsveränderung, oder kürzer: die Parallaxe der Fixsterne zu finden, durch die Jahrhunderte hin. Der lebhafte Wunsch eines endlichen Gelingens war der hauptsächlichste Antrieb, die Instrumente wie die Methoden fort und fort zu verbessern und zur Wahrnehmung immer kleinerer Unterschiede geschickt zu machen. Die Hoffnung, sie zu finden, mußte um so stärker sein, als man an eine so ungeheure Entfernung, wie sie sich jetzt wirklich herausgestellt hat, anfangs sicherlich nicht dachte. Die Vorstellung, daß die Erdkugel im Verhältniß zum Universum weniger sei, als das kleinste Sonnenstäubchen im Verhältniß zur Erdkugel, war dem Alterthume, war selbst noch einem Tycho und Kopernikus fremd, und dieser selbst

fand in der Nichtwahrnehmung der Fixsternparallaxe einen Einwurf gegen sein System, und zwar den gewichtigsten von allen.

Da die Größe der Parallaxe von der Entfernung abhängt und im umgekehrten Verhältnisse zu ihr steht, so ist auch die Erforschung der Parallaxe gleichbedeutend mit einer Messung der Entfernung, und ein ganz einfaches Divisionsexempel führt von der einen in die andere. So ist beispielsweise bei einer Parallaxe von einer Minute (nach jeder Seite hin) die Entfernung 3438 Sonnenweiten oder etwas über 70,000 Mill. Meilen; bei einer zehnmal geringeren Parallaxe ist die Entfernung zehnmal größer; eine Parallaxe von einer Secunde führt auf 206,265 Sonnenweiten oder 4,200,000,000,000 Meilen Entfernung u. s. w.

Im 15. Jahrhundert konnte man die Beobachtungen noch nicht auf 10 Minuten verbürgen. Tycho brachte die Unsicherheit auf etwa 2′ herab; die Errichtung fester Sternwarten in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts verkleinerte die Fehler bis auf 20, 15, 10 Secunden, und Bradley's Sorgfalt und Umsicht brachte es um die Mitte des 18. Jahrhunderts dahin, daß einzelne Secunden nicht mehr ein bloßer Zahlenprunk waren, sondern, in günstigen Fällen wenigstens, verbürgt werden konnten. Mit jedem dieser Schritte lebte die Hoffnung, endlich die Fixsternparallaxen zu finden, von Neuem auf, und jedes Mal schlug sie fehl. Auch unterließen die Gegner des Kopernikanischen Systems, so lange es deren in der wissenschaftlichen Welt noch gab, keineswegs, dieses Nichtauffinden der Sternparallaxen als einen Einwurf geltend zu machen; denn bewegte sich die Erde nicht, so konnte es natürlich keine Parallaxen in dem oben erklärten Sinne geben.

Herschel I. war es, der zuerst eine Idee aufstellte, die zwar nicht ihn selbst, wohl aber seine Nachfolger und Nach-

eiferer zu einem endlichen Gelingen geführt hat. Er bemerkte nemlich, daß viele kleinere Sterne ſehr nahe neben andern größeren Sternen ſtanden. Dies konnte nun allerdings daher rühren, daß ſie wirklich nahe neben einander ſtehen, und die Erfahrung hat gezeigt, daß dieſe Erklärung in den meiſten Fällen die richtige ſei. Aber es konnten auch eben ſo gut dieſe Sterne weit, ſehr weit hinter einander ſtehen und gleichwohl ihre Richtungslinien zur Erde beinahe zuſammenfallen. Wenn nun beiſpielsweiſe der eine Stern 10 Billionen Meilen entfernt iſt, ſo hat er eine Parallaxe von 0″,4. Iſt der andere hundert Mal weiter entfernt, ſo hat er eine Parallaxe von 0″,004, d. h. ſo gut als keine. Er muß alſo am Himmel ruhig ſtehen, während der andere, nähere, einen kleinen Kreis oder eine Ellipſe um ſeinen mittleren Ort beſchreibt.

Durch abſolute Ortsbeſtimmungen nun kann man über eine Differenz von 0″,4 zu keiner Sicherheit gelangen, wohl aber durch Mikrometermeſſungen, bei denen der eine Stern mit dem andern blos verglichen, alſo nur der Unterſchied ihrer Oerter geſucht wird. Denn ſowohl die Diſtanz, als der Richtungswinkel beider auf einander bezogener Sterne muß ſich in der Jahresperiode und nach einem beſtimmten Geſetze ändern. Die erſten Beobachtungen dieſer Gattung, welche Herſchel anſtellte, hatten dieſen Zweck, doch bald überzeugte er ſich, daß faſt alle ſeine Doppelſterne nicht blos ſcheinbar, ſondern wirklich neben einander und in etwa gleicher Entfernung von uns ſtänden und folglich keine derartige Differenz zeigen konnten. Auch Herſchel fand keine Parallaxen.

Nun hatten zwar inzwiſchen einige Aſtronomen, namentlich Piazzi, Calandrelli und Brinkley, durch Vergleichung der abſoluten Oerter, zu verſchiedenen Jahreszeiten angeſtellt, Parallaxen mehrerer Sterne zu finden geglaubt;

auch waren noch mehrere andere Methoden in Vorſchlag gebracht, zum Theil auch verſucht worden. Aber andere Aſtronomen, welche mit noch beſſeren Hülfsmitteln dieſelben Sterne unterſuchten, gelangten zu einem verneinenden Reſultate. Pond in Greenwich ließ, um auch die kleinſte Bewegung und Veränderung in der Stellung des Inſtruments unmöglich zu machen, mehrere große Fernröhre mauerfeſt auf gewiſſe Sterne richten und beobachtete mit ihnen einige Jahre hindurch dieſelben Sterne, deren Abſtand vom Mittelfaden er mikrometriſch maß. Er erhielt für die Parallaxe ſo verſchwindend kleine Differenzen, daß ſich nichts aus ihnen ſchließen ließ.

Aus dieſem Allen ging wenigſtens ſo viel hervor, daß die Parallaxen der unterſuchten Fixſterne noch unter einer Secunde ſein müſſen, doch wie weit darunter und wie nahe an Null, war nicht zu entſcheiden. Endlich, im Jahre 1837, traten faſt gleichzeitig zwei Aſtronomen, Struve und Beſſel, mit Reſultaten hervor, die ſie durch eine lange Reihe höchſt genauer Beobachtungen, nach Herſchel's Methode angeſtellt, erlangt hatten. Struve hatte den Stern α Lyrae, der durch ſeinen ſtarken Glanz ſich auszeichnet, mit einem naheſtehenden ſehr ſchwachen verglichen, und fand die Parallaxe 1/8 Secunde. Später ſetzte er ſie auf 1/4″ (0″,2613), und die neueſten Beobachtungen von Peters nähern ſich wieder dem erſteren Reſultate, das alſo noch etwas ſchwankend iſt. 1/8 Secunde führt auf 1,650,000 Sonnenweiten oder 35 Billionen Meilen.

Genauer iſt das Reſultat von Beſſel, der den Stern 61 Cygni beobachtete. Er fand aus mehr als 400 Beobachtungen die Parallaxe 1/3″ (beſtimmter 0″,3483) und ihre Unſicherheit kaum noch den 16. Theil dieſer Größe. Schon früher hatten Arago und Matthieu nach einer weniger genauen Beobachtungsart ſie auf 1/2″ geſetzt; ſpätere

Beobachtungen haben Bessel's Angabe bestätigt. Hiernach wäre dieser Stern nahezu 600,000 Sonnenweiten von uns entfernt.

Kurz darauf erschienen die Beobachtungen von Henderson und Maclear über den Stern α Centauri und seinen Begleiter, wonach dessen Parallaxe 0″,9128 mit einer Unsicherheit von etwa 0″,06 gefunden worden ist. Hieraus ergeben sich 224,000 Sonnenweiten oder 4½ Billionen Meilen. Endlich ist der Polarstern so häufig — auf den meisten Sternwarten weit über tausend Mal — beobachtet worden, und zugleich läßt er sich wegen seiner langsamen täglichen Bewegung so genau beobachten, daß schon Lindenau im Jahre 1816 einen Versuch machte, seine Parallaxe abzuleiten, und für sie ⅐ Secunde fand. Ein ähnliches Resultat ergaben die Dorpater Beobachtungen, nemlich ⅙ Secunde. Nun aber hat Peters in Pulkowa durch höchst genaue Beobachtungen an dem dortigen vortrefflichen Verticalkreise diese Parallaxe viel kleiner und gleichzeitig im Mittel aus allen zuverlässigern Beobachtungen, mit Berücksichtigung ihres Gewichts, diese Parallaxe 0″,076 gefunden, wonach also der Polarstern 2,700,000 Sonnenweiten oder 57 Billionen Meilen von uns absteht.

So ist also nur für vier, oder wenn man die Begleiter der beiden Doppelsterne mitzählt, für sechs Fixsterne die Entfernung bekannt, und nicht mehr relativ unendlich. Das endliche theilweise Gelingen dieser großen Aufgabe setzt uns in den Stand, auch annähernde Schlüsse über die Quantität der an Fixsternen beobachteten Bewegungen und selbst über ihre Massen zu wagen. Der langen Ungewißheit ist ein Ende gemacht, der letzte Einwurf gegen die Erdbewegung, wenn es jetzt noch einer Widerlegung bedurft hätte, widerlegt und in den schlagendsten Beweis derselben verwandelt.

Um sich die obigen für die Parallaxen gegebenen Werthe

einigermaßen vorzustellen, so denke man sich eine Kugel von einem Zoll Durchmesser, gesehen aus einer Entfernung von 18,700 Fuß, so hat man eine Größe, die der Parallaxe von α Centauri gleicht. Eine Kugel von einer Linie Durchmesser, aus derselben Entfernung gesehen, repräsentirt die kleinste der obigen Parallaxen, die des Polarsternes.

Was die Entfernungen betrifft, so ist eine Versinnlichung noch schwieriger. Wir nehmen zuerst die Entfernung unseres Mondes, 60 Erdhalbmesser oder 51,800 Meilen, und merken uns, daß das Licht diesen Weg in 1¼ Secunde durchläuft. Von der Sonne bis zu uns braucht es 8 Minuten 18 Secunden, vom nächsten der obigen Fixsterne nahezu 4 Jahr, von dem entferntesten derselben 43 Jahr. Es mag noch einige Sterne geben, welche uns näher stehen, als der Polarstern, schwerlich aber einen, der näher als α Centauri stände. Für die bei Weitem größte Mehrzahl der übrigen ist aber gewiß die Entfernung weit größer, und nicht unwahrscheinlich steigt die Zeit des Lichts für die entferntesten der teleskopischen Fixsterne auf einige tausend Jahre.

Dieser Maßstab des Lichts ist nun aber auch der einzige, bei dem die Zahlen, welche die Räume der Fixsternwelt ausdrücken, noch eine gewisse Uebersichtlichkeit behalten. Billionen und Trillionen lassen sich aussprechen, niederschreiben und berechnen, aber nicht mehr so recht eigentlich begreifen und überschauen. Bei diesen Abständen wird es denn auch begreiflich, daß die Fixsterne, selbst wenn sie noch viel größer als unsere Sonne wären, doch keinen störenden Einfluß auf den Lauf selbst der entferntesten Planeten haben. Es könnten selbst weit jenseit des Uranus in zehnmal größerer Entfernung Planeten kreisen, ohne daß eine solche Wirkung hervorträte. Ob aber nicht in sehr ferner Zukunft, wenn die Kometen von mehrtausendjähriger Umlaufszeit zu wiederholten Malen zurückgekehrt sind, die Astronomen ge-

nöthigt ſein werden, auf die etwa durch α Centauri erlittenen Störungen einige Rückſicht zu nehmen — dies möchten wir nicht durchaus verneinen.

Durch ſolche Entfernungen wird nun auch die Langſamkeit der oben erwähnten Bewegungen begreiflich. Bei einer Parallaxe von 1/10 Secunde repräſentirt eine Secunde einen Raum von zehn Sonnenweiten oder 207 Millionen Meilen. Soll die Bewegung eines Fixſterns der der Erde an wirklicher Geſchwindigkeit gleich kommen, ſo muß ſie, von der Erde aus direct geſehen, 6 2/7mal ſo groß ſein als ſeine Parallaxe. Nun beträgt

	Parallaxe.	Jährl. Bewegung.
für α Centauri	0,"9128	1,"077,
für 61 Cygni	0, 3483	5, 166,
für α Lyrae .	0, 2613	0, 371,
für Polaris .	0, 0760	0, 032,

ſo daß nur einer, 61 Cygni, an Geſchwindigkeit die Erdbewegung um das 2 1/2fache übertrifft, die übrigen 3 ſich beträchtlich langſamer bewegen. Allerdings iſt dieſer Schluß nicht ſicher; denn einmal kann die Bewegung in der That raſcher ſein, aber ſchräg gegen unſere Geſichtslinie gerichtet; andererſeits ſind in der jährlichen Bewegung zwei vereinigt, die wirklich eigene des Fixſterns und die ſich darin abſpiegelnde unſerer Sonne. Dennoch mag dieſe Zuſammenſtellung, in Ermangelung vollſtändiger Daten, uns dienen, eine allgemeine Vorſtellung von der Geſchwindigkeit der Fixſternbewegungen zu geben und den Satz als ſehr wahrſcheinlich auszuſprechen, daß ſie, durchſchnittlich genommen, nicht raſcher, ſondern eher langſamer ſich bewegen, als die Planeten in ihrem Laufe um die Sonne.

Zugleich erhellt aus dieſen Reſultaten, daß die Fixſterne nicht eine abſolut gleiche Helligkeit haben, und daß ihr verſchiedener Glanz keineswegs von der verſchiedenen Entfernung

allein herrühre. α Centauri und α Lyrae sind etwa gleich an Helligkeit für unsern Anblick, und doch ist letzterer wenigstens 3mal, vielleicht sogar 6—8mal weiter entfernt, als der erstere. 61 Cygni steht uns sogar näher als α Lyrae, und ist doch kaum von der 5ten Größe, während α Lyrae zu den glänzendsten der 1ten Größe gehört. Eben so ist Polaris 4½mal weiter entfernt als 61 Cygni, und dennoch ohne alle Vergleichung heller. Die absolute Helligkeit dieser 4 Sterne ist demnach höchst verschieden, und so dürfte auch wohl ihre Masse, wie ihr räumliches Volumen, große Unterschiede zeigen. Wir werden weiterhin noch bestimmtere Argumente gegen die von Einigen angenommene gleiche Größe der Fixsterne kennen lernen.

Nach dem, was wir jetzt über die Entfernung der Fixsterne wissen, darf uns ihr gänzlich unscheinbarer Durchmesser nicht Wunder nehmen. Wollten wir z. B. annehmen, der reelle von der Erde aus gesehene Durchmesser der oben aufgeführten Sterne wäre ⅒ Secunde, so müßte

α Centauri	2000mal
61 Cygni	33,000mal
α Lyrae .	72,000mal
Polaris . .	3,400,000mal

unsere Sonne an Volumen übertreffen.

Wollte man ihn aber zu 1 Secunde (wobei er allenfalls meßbar wäre) annehmen, so müßte man die obigen Zahlen noch tausendfach vergrößern.

Gewiß giebt es viele Fixsterne, die größer, so wie andere, die kleiner sind als unsere Sonne. Aber für sehr unwahrscheinlich müssen wir es halten, daß Körper von so gewaltiger Größe sich im Weltenraume, und vollends unserer Sonne verhältnißmäßig nahe, befinden sollten. Die gegenseitige Wirkung so enormer Kugeln auf einander würde sich

in viel ſtärkeren Bewegungen verrathen, als wir in der That wahrnehmen.

Alle dieſe und noch viele andere hier nicht aufgeführte Schlüſſe ſind einzig die Frucht jener jahrhundertlangen Bemühungen, und wir dürfen als gewiß annehmen, daß ſchon nach wenigen Decennien die Zahl der Fixſterne von bekannter Entfernung erheblich zugenommen, und dieſe Entfernungen ſelbſt genauer beſtimmt ſein werden. Aber der aus dieſen Arbeiten hervorgegangene Gewinn beſchränkt ſich nicht allein auf das, was allen als endliches Ziel vorſchwebte; auch viele andere wichtige, ungeſuchte Reſultate haben ſich aus ihnen ergeben. Als die wichtigſten ſind die von Bradley entdeckte Aberration und Nutation zu bezeichnen. Durch beide wird gleichfalls der ſcheinbare Ort der Fixſterne verändert, nur in ganz anderer Weiſe, als durch die Parallaxe. Die Aberration entſteht dadurch, daß der Lichtſtrahl nicht auf ein ruhendes, ſondern — mit der Erde — bewegtes Auge (oder Fernrohr) trifft. Ueberall, wo zwei Bewegungen zuſammentreffen, vereinigen ſie ſich zu einer mittleren Bewegung, deren Richtung zwiſchen beide fällt und die Diagonale des aus ihnen gebildeten Parallelogrammes beſchreibt. Die Erdbewegung iſt nun zehntauſendmal langſamer, als die des Lichts, und deshalb muß die aus beiden zuſammengeſetzte, faſt, aber nicht völlig, in die Richtung der geſchwinderen fallen. Die gleichwohl ſtattfindende Ablenkung macht ſich aber im ſcheinbaren Ort der Fixſterne merklich. Auf eine ruhende Erde würde eine derartige Wirkung nicht ſtattfinden. Bradley fand dieſe Aberration, als er den Stern γ Draconis, der ſehr nahe dem Zenith von Greenwich vorübergeht, in ſeinem Zenithſector beobachtete. Die Nutation dagegen beſteht in einer Bewegung des jedesmaligen wirklichen Poles um den mittleren Pol, und ſie hat, inſofern ſie vom Monde berührt, eine Periode von $18^2/_3$ Jahren

(die Periode der Mondsknoten). Ein sehr kleiner Theil derselben hängt indeß von der Sonne ab, und hat eine Periode von ½ Jahr. Eben so ist, was gleichfalls in der ursprünglichen Absicht nicht lag, die wichtige Entdeckung der physischen Doppelsterne dadurch merklich gefördert worden. So hat ein Problem, das, theoretisch betrachtet, zu den leichtesten und einfachsten der Astronomie gehört und keine einzige der Schwierigkeiten darbietet, welche fast alle übrigen so sehr verwickeln, der Praxis dagegen ein Jahrhunderte lang unübersteigliches Hinderniß entgegenstellte, auf's Wesentlichste dazu beigetragen, die großen Fortschritte zu begründen, deren sich die heutige Himmelskunde rühmen kann. Gewiß war es eine der kühnsten Unternehmungen des Menschengeistes, einen irdischen Maaßstab an die Himmelsräume zu legen, und vielleicht hätte er es nie oder doch weit später gewagt, hätte er im Voraus ahnen können, um welche Weiten es sich hier handle. Ein Sokrates verzweifelte daran, das Unermeßliche zu messen, und nannte es thörichte Zeitverschwendung. Alexandria's Astronomen gelang der erste Schritt, die Bestimmung der Entfernung unsers Trabanten. Der zweite war dem achtzehnten Jahrhundert vorbehalten, es maß die Entfernung der Sonne und gelangte so zur Kenntniß der Dimensionen des Sonnensystems. Der dritte und riesenhafteste gelang erst im zweiten Drittel des neunzehnten. Aber einen wesentlichen Unterschied können wir nicht übergehen. Als man durch die Beobachtung der Venusdurchgänge, nach Halley's sinnreichem Vorschlage, die Entfernung eines Gliedes des Planetensystems ermittelt hatte, waren dadurch gleichzeitig die Entfernungen aller übrigen gegeben; denn da Ein Hauptkörper sie sämmtlich regiert, so konnte nach dem längst bekannten Kepler'schen Theorem alles Uebrige berechnet werden, sobald eine einzige Entfernung gefunden war. Nicht eben so steht es mit den Fixsterndistanzen. Die Auffindung einer

Parallaxe lehrt uns nur die Distanz dieses einen Sterns kennen, und jeder einzelne muß auf's Neue untersucht werden, wenn man für ihn das gleiche Resultat erzielen will. Denn sollte auch die hohe Wahrscheinlichkeit, daß das Gesetz der Schwere ein allgemeines für das Universum sei, einst zur vollen Gewißheit erhoben werden; so würde doch unsere Unkenntniß der innern Constitution der Fixsternwelt, die ungeheuren Umlaufszeiten (falls jene Bewegungen sich wirklich auf geschlossene Bahnen beziehen), die bisher noch stets vergeblich gesuchten, vielleicht in der vermutheten Weise gar nicht vorhandenen Centralkörper selbst den spätesten Zeiten noch große Hindernisse entgegenstellen. Nur sehr allmälig werden wir auf diesem Felde fortschreiten, und noch manches kommende Jahrhundert wird auf sehr wichtige Fragen die Antwort schuldig bleiben müssen. Denn wie wenig hier mit Analogien geholfen ist, muß schon jetzt jedem Unbefangenen einleuchten. Unser Sonnensystem mit seinen einzelnen Partialsystemen bietet uns das Bild einer großartig einfachen, wohlgeordneten Monarchie. Nicht so einfach, wenngleich ohne Zweifel nicht minder wohlgeordnet, stellt sich uns die Fixsternwelt dar. Hier waltet keine Alleinherrschaft, hier überwiegt keine Centralmasse. Die Gegenseitigkeit der Wirkungen tritt viel bedeutungsvoller auf, als im Sonnensystem; die einzelnen Verbindungen zu Gruppen sind weniger isolirt, weniger eng geschlossen, und wenn wir das Sonnensystem mit einem monarchischen Staate verglichen haben, so erblicken wir in der Fixsternwelt ein Bündniß größerer und kleinerer, selbstständig in sich geordneter Republiken.

XXIII.

Die Doppelsterne.

Die wichtige Entdeckung der physischen Doppelsterne, die bereits im vorigen Briefe erwähnt worden, hat uns mit der untersten und einfachsten Art der Fixstern-Verbindungen bekannt gemacht, wenn man nemlich den ersten Anfang eines Wissens, das uns ein unendliches Feld in Aussicht stellt, schon eine Bekanntschaft nennen darf.

Schon die ersten Astronomen, welche regelmäßig und anhaltend die Fixsterne mit Fernröhren beobachteten: ein Hevel, Cassini, Flamsteed, hatten wahrgenommen, daß es einige Sterne gebe, die paarweise einander sehr nahe stehen, so nahe, daß in schwächeren Fernröhren und vollends mit bloßem Auge nicht zwei, sondern nur ein Stern an dieser Stelle zu stehen schien. Da man indeß nur 8 bis 10 solcher Paare kannte, und die Zahl der sichtbaren Fixsterne auch damals schon in die Hunderttausende ging, so dachte Niemand an etwas Anderes als an einen Zufall, der bei einer so großen Zahl ohne wahrnehmbare Ordnung vertheilter Sterne nicht ausbleiben konnte.

Ein Astronom, dessen Eifer und Thätigkeit leider nur durch geringe Hülfsmittel unterstützt ward, C. Mayer in Mannheim (nicht mit dem gleichzeitigen Tobias Mayer in Göttingen zu verwechseln), äußerte indeß schon 1772 die Meinung, daß diese Sterne doch wohl, großentheils wenigstens, näher mit einander verbunden seien, und nicht blos scheinbar sich nahe ständen. Er hatte gegen 100 solcher Sterne gefunden, die in der Nähe größerer standen, und er hielt sich für berechtigt, sie als Fixsterntrabanten zu bezeichnen. Seine Ansicht rief Entgegnungen hervor, deren

Ton der Aſtronomie nicht zur Ehre gereichte. Als ob es a priori feſtſtände, daß nur dunkle Körper um andere laufen könnten, verdächtigte und beſpöttelte man ſeine Beobachtungen, und bewies weitläufig, — woran weder C. Mayer, noch ſonſt ein Aſtronom zweifelte, — daß man die Planeten der Fixſterne von der Erde aus nicht ſehen könne.

Noch war der unerquickliche Streit nicht vorüber, als Herſchel I. ſeine Teleſkope zur Durchmuſterung des Himmels bezüglich dieſer Sternenpaare anzuwenden begann. Seine ſtaunenswürdigen Leiſtungen ließen bald alles Frühere der Vergeſſenheit anheim fallen. Mit einer Raſchheit, die ſeine Zeitgenoſſen kaum zu Athem kommen ließ, folgte Entdeckung auf Entdeckung, und zugleich begnügte er ſich nicht mit der Auffindung und einer ohngefähren Beſtimmung, ſondern er maß mit ſelbſterfundenen und ſelbſtverfertigten Mikrometer-Apparaten ihre gegenſeitige Stellung. Dieſer außerordentliche Mann, Autodidakt im vollen Sinne des Wortes, vereinigte in ſich den Mechaniker und Optiker, den Beobachter und Berechner, den philoſophiſchen Forſcher und glücklichen Darſteller. Wie Dörfel zu Newton, ſo verhielt ſich C. Mayer zu ihm. Nie hat die Munificenz eines Monarchen edlere Früchte getragen, als dies bei Herſchel der Fall war, den Georg III. mit reichen Mitteln zu unterſtützen nicht müde ward.

Die große Anzahl (gegen 700) der von Herſchel entdeckten und größtentheils auch gemeſſenen Doppelſterne mußte das wahre Verhältniß außer Zweifel ſtellen. So oft konnte ein ungewöhnlicher Zufall ſich nicht wiederholen, wenngleich (wie auch die Erfahrung ſpäter beſtätigt hat) in einem und dem andern Falle dies nahe Zuſammengehören nur ein ſcheinbares, durch den Standpunkt der Erde bedingtes ſein mochte. Auch hatte Herſchel, als er nach zwanzig Jahren ſeine Beobachtungen wiederholte, die Befriedigung, ſchon bei meh-

reren Sternen dieser Art Veränderungen der Stellung wahrzunehmen, die er ganz folgerecht auf Umlaufsbewegungen bezog.

Nach Herschel fand sich zunächst Niemand, der seine Beobachtungen dieser Gattung fortgesetzt hätte; indeß waren wenigstens die Astronomen bei ihren Meridianbeobachtungen aufmerksamer auf diese Sternenpaare, und so wurden, namentlich von Bessel, abermals mehrere neue entdeckt. Absichtlich und als Hauptgegenstand seiner Forschungen nahm zuerst Struve diesen Gegenstand wieder auf. Die ungleich bequemere und zweckmäßige Aufstellung seiner Fernröhre und namentlich des großen Fraunhofer'schen Refractors, war seinen Forschungen günstig, und er brachte die Anzahl dieser Sternenpaare (worunter auch drei- und mehrfache sich befanden) auf mehr als 3000, eine ihm selbst unerwartete Zahl, wobei noch zu bemerken ist, daß er sich nur auf solche beschränkte, deren gegenseitiger Abstand nicht über 32 Secunden war, während bei Herschel mehrere vorkommen, deren Distanz über eine Minute beträgt.

Zu dieser großen Anzahl sind seit 1827 (wo er seine Hauptmusterung beendete), durch spätere Beobachtungen in Dorpat und Pulkowa, noch über 500 hinzugekommen, und John Herschels Nachsuchungen am Cap haben ihm am südlichen Himmel über 1000 bis dahin unbekannte gezeigt. Die Zahl dieser Sternenpaare beträgt jetzt schon nahe an fünftausend, und es hat nicht den Anschein, als sei sie — auch selbst nur in Beziehung auf die jetzt vorhandenen Hülfsmittel — bereits vollständig.

Mit wenigen Ausnahmen sind sie auch bereits, und zwar die meisten, wiederholt gemessen, genauer als dies selbst Herschel möglich war, und diese Messungen werden, wenn auch bisher nur an wenigen Orten, eifrig fortgesetzt.

Aber dennoch welch' ein schwacher Anfang ist alles

dies im Verhältniß zu dem, was noch zu thun ist! Sollen uns diese Beobachtungen zu einer nähern Kenntniß jener Sternenpaare führen, so müssen sie so lange fortgesetzt werden, bis man im Stande ist, das Gesetz und die einzelnen Bestimmungsstücke — Elemente — der Bewegungen abzuleiten, die sie nach aller Wahrscheinlichkeit um einander beschreiben. Nun aber stellt sich heraus, daß der Zeitraum von 60—65 Jahren, der die Gegenwart von den ersten Herschel'schen Beobachtungen trennt, für die meisten dieser Doppelsterne noch zu kurz ist, um eine Veränderung wahrzunehmen, oder doch die etwa wahrgenommene zu verbürgen. Herschel hat aber, wie wir sehen, nur etwa den zehnten Theil der jetzt bekannten gemessen, für die meisten liegt die erste Epoche der Beobachtung im dritten oder vierten Decennium des 19. Jahrhunderts und selbst noch später. So ist es nicht zu verwundern, wenn man nur erst wenige Bruchstücke derjenigen Kenntnisse besitzt, deren sich spätere Jahrhunderte auf diesem Felde rühmen werden.

Die Leser werden wahrscheinlich nicht sehr geneigt sein, sich mit einer Anweisung auf künftige Jahrhunderte und Jahrtausende zu begnügen, und nicht ganz mit Unrecht die Forderung stellen, daß der Gegenwart von den großen Anstrengungen, die gemacht sind und fortwährend gemacht werden, wenigstens einige Resultate geboten werden möchten. Wir lassen daher unserer historischen Skizze diejenigen Data, welche bis jetzt gewonnen werden konnten, in einer allgemeinen Uebersicht folgen.

Die Doppelsterne sind Sonnen, welche sich gegenseitig um einander, d. h. um ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt, bewegen. In sehr vielen Fällen sind beide Sonnen an Glanz völlig oder doch sehr nahe gleich, so daß wir hier wohl nicht einen Centralkörper und seinen Trabanten, sondern zwei an Masse wenig verschiedene Sonnen erblicken. In

vielen andern Fällen ist allerdings der Unterschied merklicher, in einigen sogar sehr groß, so daß der kleinere Stern zum größern sich etwa wie der Mond zur Erde, oder wohl gar wie die Trabanten Jupiters zu ihrem Hauptkörper, verhalten mögen. Drei- und mehrfach gegliederte Systeme sind im Ganzen nicht häufig, kaum wie 1: 30. Doch mögen manche von ihnen drei- und mehrfach sein, ohne daß wir es wahrnehmen können. Ist der Glanz verschieden, so ist es auch gewöhnlich die Farbe. Die meisten Doppelsterne sind zwar zu lichtschwach, um in beiden Gliedern eine Farbe zu unterscheiden, und diese Farben selbst sind gewöhnlich nur sehr schwache Nüancen, die ein geübtes und für feine Farbenunterschiede empfängliches Auge erfordern. (Wenn einmal das im Allgemeinen mit einem höhern Farbensinn begabte weibliche Geschlecht sich diesen Beobachtungen beharrlich widmete, so könnte dieser Theil unserer Doppelsternkunde erheblichen Gewinn daraus ziehen). Die gelbe, rothe, grüne Farbe gehört vorzugsweise dem helleren, die blaue und purpurne dem schwächeren Sterne an, doch mit manchen Ausnahmen.

Viele dieser Sterne stehen einander so nahe, daß selbst in den stärksten Vergrößerungen sie noch zusammenzuhängen scheinen und einen länglichten Stern bilden, und es zeigt sich, daß, je geringer die Distanz, desto geringer auch meistens der Unterschied des Glanzes ist. Bei einigen hat man eine Veränderlichkeit des Glanzes bemerkt, die in einem oder zwei Fällen so stark ist, daß wechselsweise der eine und der andere Stern als der hellere erscheint.

Veränderungen der gegenseitigen Stellung hat man bis jetzt an etwa 400 dieser Sternenpaare wahrgenommen. Bei den meisten erstreckt sie sich nur über wenige Grade des Richtungswinkels, oder über einige Secundentheile der Distanz. Doch giebt es Fälle, wo sie beträchtlich ist, und darunter 12—14, wo man den Versuch wagen kann, eine Bahn

nach ihren Elementen daraus abzuleiten, folglich auch die künftigen Veränderungen vorherzusagen. Schon im Jahre 1822 machte Savary einen ziemlich gelungenen Versuch, eine solche Doppelsternbahn zu bestimmen, und ihm sind Encke, Herschel II. und der Verfasser dieser Briefe gefolgt. Große Genauigkeit ist allerdings von diesen Elementen nicht zu erwarten: wir betrachten diese Bahnen aus zu großen Entfernungen, so daß die mittleren Halbmesser (bei den bis jetzt berechneten) uns höchstens unter einem Winkel von 5 Secunden erscheinen.

Ihre Form ist die elliptische, und zwar in den meisten Fällen mit einer ziemlich starken Abweichung vom Kreise, so daß diese Bahnen durchschnittlich den kometarischen näher als den planetarischen stehen. In der Lage der Bahnebenen (die freilich meistens am schwersten zu bestimmen ist), spricht sich kein allgemeines Gesetz erkennbar aus, selbst da nicht, wo (in den mehrfachen Systemen) zwei und mehrere Bahnen sich auf Ein Centrum beziehen.

Die Umlaufszeiten in diesen Bahnen gehen von 36 bis 500 Jahren. Nur fünf von ihnen bedürfen zum Umlaufe weniger als ein Jahrhundert. Wenn nicht etwa unter den neuerdings entdeckten sich noch einige von kurzen Perioden ergeben, so dürfte die Zahl derselben nicht erheblich mehr wachsen. Denn die Größe der Umlaufszeiten ist gerade der Hauptgrund, weshalb wir noch so wenige erforscht haben. Ein verhältnißmäßig sicherer Schluß auf die Periode des Umlaufs läßt sich erst machen, wenn wenigstens ein Drittel oder die Hälfte des Umlaufs in die Beobachtungsperiode fällt. Da nun nur etwa, außer den berechneten, 20 Sterne gefunden werden, die seit Herschel's Zeit 30 — 60 Grade zurückgelegt haben, sowie noch einige andere, die seit den ersten Struve'schen Beobachtungen bis jetzt einen ähnlichen Bogen beschrieben, so werden wir selbst bei diesen Um-

laufsperioden von mehreren Jahrhunderten, und bei allen anderen ſolche von Jahrtauſenden erwarten müſſen. Die ſchwächſten der bis jetzt erkannten Bewegungen führen auf 10 — 15,000 Jahre, natürlich nur als vorläufige rohe Schätzung, da die Form der Bahn uns in ſolchen Fällen noch gänzlich unbekannt iſt: im Allgemeinen aber gewiß nicht zu groß.

Wenn wir von 10—15,000 Jahren als einem Maximo geſprochen haben, ſo gilt dies natürlich nur von den (etwa 400) Doppelſternen, wo eine, wenn auch ſehr ſchwache, Bewegung erkannt iſt. Wir haben aber durchaus keinen Grund, diejenigen Doppelſterne, wo eine Bewegung noch nicht erkannt iſt, deshalb aus der Reihe der Syſteme auszuſchließen. Vielmehr deutet der Umſtand, daß beide Glieder des Paares die gleiche eigne Bewegung im Raume haben (wo nemlich dieſe eigne ſchon erkannt iſt) ſehr beſtimmt auf eine nähere phyſiſche Verbindung, die wir uns nicht wohl anders vorſtellen können, als in der Form einer Umlaufsbahn. Dieſe Bahnen nun werden, nach aller Wahrſcheinlichkeit, noch längere, vielleicht ſehr viel längere Perioden haben, als die der Doppelſterne mit erkannter Bewegung. So gelangen wir zu Zeiträumen, gegen welche die geſchichtlich documentirte Dauer unſeres Geſchlechts als unbedeutend erſcheint, und können nur wünſchen, daß es unſern jetzigen Beobachtungen gelingen möge, ſich durch die Jahrtauſende hinüber zu retten bis zu jenen entfernten Nachkommen, denen es vergönnt ſein wird, Bahnen von ſo großen Perioden zu beſtimmen.

Wie wir ſchon oben geſehen haben, befinden ſich unter den Doppelſternen zwei Paare, deren Parallaxe wir kennen. Bei einem derſelben, α Centauri, beſitzen wir noch kein hinreichendes Material, um eine gegenſeitige Bewegung zu erkennen. Dagegen hat der Doppelſtern 61 Cygni, deſſen

Entfernung Bessel ermittelt hat, seit der ersten Bradley'schen Beobachtung in 90 Jahren etwa 65 Grade zurückgelegt, wobei die Distanz sich nicht merklich geändert hat, also etwas über 1/6 des Umlaufs. Zu einer Bahnbestimmung im eigentlichen Sinne reicht dies nicht hin; doch aber zu einer vorläufigen nicht ganz willkührlichen Schätzung. Die Umlaufszeit mag 500 Jahre oder etwas darüber sein, bei einem mittleren Abstande von 16 1/2 Secunde scheinbarer oder 48 Sonnenweiten wirklicher Distanz. Ein Planet in diesem Abstande würde in 333 Jahren um die Sonne laufen. Daraus kann man weiter die Masse des Doppelsternes genähert ableiten; sie findet sich etwa 2/5, höchstens 1/2 der Sonnenmasse, welche Masse man auf zwei nicht sehr verschieden glänzende Sterne vertheilen muß — die erste Fixsternmasse, welche wir nicht mehr als ganz unbekannt zu betrachten haben. Die Geschwindigkeit der Bewegung in dieser Bahn (für beide Sterne zusammengenommen) ist etwa 20 Meilen in der Minute, 12mal langsamer, als die der Erde in ihrer Bahn um die Sonne, aber 2 1/2mal schneller, als die des Mondes in seinem Laufe um die Erde.

Es ist uns noch nicht vergönnt, mehr als dieses Eine Beispiel nach bestimmten, vergleichbaren Zahlengrößen aufzuführen. Wenn wir aber für die Abstände der übrigen Doppelsterne von der Erde Annahmen wählen, wie sie einigermaßen wahrscheinlich sind, und sie nicht in Entfernungen rücken, welche die gemessenen Fixsternweiten viele hundert und selbst tausend Male übertreffen, so kommen auch bei ihnen Geschwindigkeiten der Bahnbewegung heraus, welche unter, ja weit unter der der Erde stehen. Das Nähere und Bestimmtere muß allerdings der Zukunft überlassen bleiben, und wir können als gewonnenes Resultat für jetzt nur Folgendes aufstellen:

„Die Geschwindigkeit der Doppelsterne in ihrer Bewe-

gung um einander ist eine verhältnißmäßig langsame und erreicht bei Weitem nicht die Geschwindigkeit der Planeten in ihrer Bewegung um die Sonne."

Wir können hinzufügen, daß sie auch beträchtlich langsamer sei als die eigne Bewegung, die wir an den Fixsternen überhaupt (einfachen wie doppelten) wahrnehmen, wie sich dies am directesten aus der Vergleichung der eigenen und der Bahnbewegung bei einem und demselben Doppelsterne ergiebt. Bei ζ des großen Bären z. B. findet sie sich 22mal langsamer.

Unsere Sonne ist eine einfache, und steht mit keiner der übrigen in Doppelsternverbindung. Wollte man den nächsten Fixstern, α Centauri, um sie laufen lassen, so erhielte man eine Umlaufszeit von 100 Millionen Jahren, und bei 61 Cygni eine von 450 Millionen Jahren. Die jährliche eigene Bewegung der genannten Sterne müßte hiernach resp. 0″,002 und 0″,00045 sein, sie ist aber, wie oben erwähnt, 1″,077 und 5″,166, mithin 530 und 12,000 Mal stärker, woraus sich ohne Weiteres ergiebt, daß ungleich gewaltigere Kräfte, als solche, die die Sonne noch in solcher Entfernung auszuüben vermag, in jenen Bewegungen sich wirksam erweisen.

Eben so mögen die meisten uns wahrnehmbaren Fixsterne einfache Sonnen sein, wie viele Doppelsterne es auch immerhin geben möge, die wir noch nicht als solche erkannt haben. Bis zur achten Größe herab ist etwa der dreißigste Stern ein uns bekannter Doppelstern; unter den helleren Sternen finden sich verhältnißmäßig mehr, als unter den schwächern. Dies ist leicht optisch erklärlich; wenn man aber auch annehmen wollte, daß es unter den schwächern Sternen im Verhältniß eben so viel als unter den hellern gebe, und nur die meisten derselben uns nicht wahrnehmbar sind, so würde doch nur der 8. bis 10. Theil sämmtlicher

Sterne doppelt ſein. Unter den 18 Sternen erſter Größe finden ſich 3, unter den 55 Sternen zweiter Größe 6 Doppelſterne. Von der 4. abwärts werden ſie merklich ſeltener.

Viele Sterne mögen übrigens phyſiſch verbundene Doppelſterne ſein, die wir der größern ſcheinbaren Diſtanz wegen nicht zu ihnen zählen, ihnen wenigſtens bis jetzt nicht die Aufmerkſamkeit geſchenkt haben, wie denen innerhalb 32″ Diſtanz. Struve hat dies bereits theils aus ihrem verhältnißmäßig häufigen Vorkommen, theils aus der Gemeinſchaftlichkeit ihrer eigenen Bewegung für die Mehrzahl der Sterne, die nicht unter der 7. Größe ſtehen und nicht über 2 Minuten Diſtanz haben, dargethan; allein wenn wir ſchon bei den oben betrachteten enger verbundenen auf ſehr große Umlaufszeiten kamen, ſo wird man bei dieſen durchſchnittlich noch größere erwarten müſſen. Bis jetzt ſind die wenigſten derſelben auch nur einmal durchgemeſſen, allein auch wo dies bereits von Herſchel und Struve geſchehen iſt, wird man es begreiflich finden, daß noch keine Bahnbewegung ſich in ihnen verrathen hat. Hier wird die Zukunft noch Alles thun und bei den meiſten ſelbſt noch den erſten Anfang machen müſſen.

Dieſe Verbindungen ſind nun die einfachſten, welche das Fixſternheer uns darbietet; die unterſten Glieder in der Kette von Syſtemen, welche wir hier zu vermuthen haben. Ziemlich müßig iſt die Frage, ob um dieſe Doppelſterne, wie um die einfachen Sonnen, ſich auch dunkle Körper, beiſpielsweiſe Planeten und Kometen, zu einem Syſteme gruppiren. Wie viel ihrer auch vorhanden ſein mögen, ſie können nie Gegenſtand unſerer directen Beobachtung werden. Die Möglichkeit ihrer Exiſtenz iſt eben ſo wenig als die entgegengeſetzte zu beſtreiten. Wahrſcheinlichkeitsgründe von erheblichem Gewicht haben uns, bei der Betrachtung der Fixſterne im

Allgemeinen, auf dunkle Körper bei einigen Fixsternen geführt, die aber von so beträchtlicher Größe sein müssen, daß sie nicht sowohl Trabanten als selbst Centralkörper zu sein scheinen. Alles, was wir in der Fixsternwelt wirklich wahrgenommen haben, sind neue, eigenthümliche Verhältnisse, auf die keine aus dem Sonnensystem hergenommene Analogie geführt hat, noch führen konnte. Sollte uns dies kein Fingerzeig sein, der uns Behutsamkeit in unsern kühnen Schlüssen anempfiehlt? Sollte die Natur weniger mannichfaltig in ihren großen kosmischen Gestaltungen sein, als in denen, welche wir auf Erden erblicken? Was berechtigt uns zu der Erwartung, die Gegensätze und Kategorien, die wir in unserm kleinen Sonnensystem erblicken, im ganzen großen Kosmos überall in gleicher Weise wiederkehren zu sehen? Reicher als unsere kühnste Phantasie ist die Schöpfung Gottes, viel reicher, als daß es ihr noth thäte, sich selber zu copiren.

Geben wir daher die Uniformität der Schöpfung auf und gewöhnen wir uns, von der Natur nur zu lernen, nicht aber ihr vorschreiben zu wollen, wie sie beschaffen sein müsse. Nur wo eine Analogie von Thatsachen der Beobachtung unterstützt wird, mag man Schlüsse auf sie bauen. Die Fixsternwelt hat angefangen, uns ihr Inneres zu erschließen, ihre Räume und ihre Zeiten sind uns nicht unermeßlich mehr. Den ersten Schritten werden weitere folgen, das wundervolle Gebäude wird sich nach und nach vor unsern Augen entfalten, und unser Geist in ihm heimisch werden.

Sind die Doppelsterne, auch in dem weiteren von uns angegebenen Sinne, die untersten Glieder der Kette, so entsteht die Frage nach den nächst höheren. Wir vermögen Einiges anzudeuten. Die Doppelsternpaare stehen an mehreren Orten des Himmels auffallend dicht gedrängt und von einfachen Sternen so nahe umgeben, daß man nicht umhin

kann, sie selbst als Glieder eines höhern Systems anzusehen, um so mehr, als solche einander nahestehende Binasysteme meistens auch sonst große Aehnlichkeit zeigen. So z. B. die beiden Paare, welche in ε und δ Lyrae vereinigt sind. Bei diesem letztern haben bereits die Beobachtungen eine gemeinschaftliche eigene Bewegung dargethan, was die Wahrscheinlichkeit ihres physischen Zusammengehörens bedeutend verstärkt. Doch mag diese Form der Verbindungen nur mehr eine locale, unter besondern Umständen vorkommende, wenigen Gruppen eigenthümliche sein.

Eine andere Andeutung höherer Partialsysteme ist uns in den größeren Gruppen von Sternen gegeben, die schon das bloße Auge als solche wahrnimmt, die aber mehr noch durch das bewaffnete erkannt werden. Bei den Plejaden, den Hyaden (mit Ausnahme Aldebaran's), der glänzenden Oriongruppe, der Präsepe im Krebse, den Sternen des südlichen Kreuzes liegt die Annahme eines physischen Verbandes auf der Hand. Bestätigt wird sie durch die bereits an mehreren dieser Gruppen (am bestimmtesten an den Plejaden von Bessel) beobachtete gleiche Richtung und den nahezu gleichen Betrag der eigenen Bewegungen. Sind diese letzteren erst bei einer größern Anzahl von Sternen festgestellt, so dürften auch mehrere solcher Gruppen sich von dem scheinbaren Gewirre ablösen und sich uns als ein System darstellen. Nur daß man hier nicht nach Bahnelementen und Umlaufszeiten frage. Millionen von Jahren dürften vielleicht noch ein zu kleiner Maaßstab für diese Periode sein, die wir wohl ahnen, nicht aber berechnen können. Einzelne dieser größern Gruppen mögen viele Hunderte von Sternen in sich begreifen. Nur daß die ganze Fixsternwelt in lauter solche Gruppen zerfalle, möchten wir wieder nicht annehmen. Viele, sehr viele Sterne stehen so vereinsamt am Himmel und verrathen weder in ihren eigenen Bewegungen, noch auch sonst auf andere Weise irgend

eine Beziehung zu andern, so daß man annehmen muß, diese eremitischen Glieder des Kosmos seien, mit Ausnahme der allgemeinen Verbindung der gesammten Fixsternwelt (soweit eine solche besteht) in keine andere eingegangen.

Die Beschaffenheit dieses allgemeinen Verbandes ist uns übrigens noch völlig räthselhaft. Da kein uns sichtbarer, oder auf andere Weise erkennbarer Himmelskörper Anspruch auf den Rang eines allgemeinen Centralkörpers zu haben scheint, so fragt es sich, ob ein System ganz ohne Hauptkörper gedacht werden könne, zumal ein so vielgliedriges? Die Bedingungen des Gleichgewichts fordern es allerdings nicht, nur scheint es, daß in einem solchen System im weitern Sinn keine eigentlichen Umlaufsbahnen, sondern nur gegenseitige Bewegungen in Folge der gemeinschaftlichen Wirkung sämmtlicher Fixsterne auf einander stattfinden könnten, welche Bewegungen nur in besondern Fällen Aehnlichkeit mit wirklichen Bahnen haben werden. Auf diese Weise würden isolirte Sonnen, Doppel- und mehrfache Sterne, kleinere und größere Partialgruppen die Bestandtheile bilden, aus denen die Welt der Fixsterne besteht: ein ungeheures Ganze, das aber dennoch, weit entfernt für sich allein das Universum auszumachen, wieder nur der einzelne Theil, das einzelne Glied einer noch höhern Ordnung zu sein scheint. Der nachfolgende Brief wird die Thatsachen aufstellen, welche zu einer so kühnen Behauptung berechtigen; wir werden sehen, daß selbst der Maaßstab des Lichts, mit dem wir es wagten, die Fixsternräume zu durchmessen, uns abermals zu jenen hohen Zahlen führt, die wir durch ihn vermeiden wollten, und daß die Grenze der Welt ein Begriff sei, dem in dem Bereich unserer Kenntnisse nichts Wirkliches entspricht.

XXIV.

Die Milchstraße und die Nebelflecke.

Wir deuteten schon am Schlusse des vorigen Briefes darauf hin, daß die Grenzen unserer Fixsternwelt, auch die nur teleskopisch sichtbaren mit inbegriffen, nicht als die des Universums anzusehen seien, wie weit sie sich auch immerhin erstrecken mögen. Dies näher nachzuweisen, und, so weit als es dem Sterblichen vergönnt ist, in die räumliche Unermeßlichkeit vorzudringen, soll gegenwärtig unser Zweck sein.

Wir erblicken in heitern Nächten einen großen mattschimmernden Lichtbogen, der, gegen die Fixsterne stets dieselbe Lage behaltend, von Horizont zu Horizont reicht, und sich — was sich freilich auf einer Erdhälfte nicht allein entscheiden läßt — um den ganzen Himmel, fast in der Gestalt eines größten Kreises, herumzieht. Dem Südpol kommt er jedoch etwas näher als dem Nordpol; auch gewahrt man leicht, daß er weder überall gleich breit, noch von gleich starkem Glanze ist, ja daß er stellenweise doppelt zieht. Auf der südlichen Halbkugel sind diese Abweichungen und Ungleichheiten noch auffallender, als auf der nördlichen.

Via lactea, Milchstraße, ist der althergebrachte Name für diesen Lichtbogen. Längst hat man das Unpassende desselben gefühlt und Sternengürtel oder ähnliche in Vorschlag gebracht; doch Sternschnuppe, Nebelfleck und manche andere sind wenig besser, und was kann zuletzt der Name schaden?

Schon früh im Alterthume gab es Forscher, welche die Meinung äußerten, diese Milchstraße bestehe aus einer Anzahl so entfernter Sterne, daß wir sie nicht mehr einzeln, sondern nur ihren vereinigten Schimmer wahrnehmen könnten.

Die ersten Fernröhre zeigten sich in dieser Beziehung auch noch ziemlich unkräftig, und erst den lichtstarken Teleskopen des 18. Jahrhunderts war es vorbehalten, die erwähnte Ansicht zur Gewißheit zu erheben. Insbesondere hat Herschel I. sich diesem Gegenstande eifrig gewidmet und die einzelnen Regionen der Milchstraße untersucht. Er findet, daß sie aus einer von ihm auf 18 Millionen geschätzten Zahl sehr feiner teleskopischer Sterne bestehe, daß aber außer diesen kleinsten Sternpunkten auch die Zahl der größeren und helleren — wenngleich noch teleskopischen — Sterne auf dem Grunde der Milchstraße und in deren Nähe ganz ungleich größer, als in andern Gegenden des Himmels sei; endlich, daß viele Theile der Milchstraße auch selbst in den stärksten Teleskopen noch immer einen weißlichen Lichtschimmer zeigen, der nicht deutlich in Sterne aufgelöst werden könne.

Er hält dafür, daß unsere Sternenwelt keine sphärische, sondern eine sehr flachgedrückte (linsenförmige) Gestalt habe, und daß die Milchstraße die äußersten Kanten dieser Linse bezeichne. Das Sonnensystem, zu dem wir gehören, befände sich nicht in der Mitte dieser Linse, doch aber nicht sehr weit von ihr entfernt. In diesem so umschriebenen Raum könne man sich die Fixsterne und Fixsterngruppen beiläufig gleich dicht vertheilt gedenken, allein für unsern Anblick müsse nothwendig nach den Kanten der Linse hin ein ungleich dichteres Gedränge von Sternen entstehen, als nach den Polen derselben, wo sich auch in der That eine verhältnißmäßige Leere zeigt. Setzen wir uns in Gedanken in das Innere einer Waldstrecke, die 20mal so lang als breit ist, so wird man nach der Richtung der Breite hin noch alle Bäume einzeln unterscheiden können, nach der Richtung der Länge aber nicht mehr, und man wird ein Bild der Fixsternwelt mit Inbegriff der Milchstraße haben.

Indeß muß man eingestehen, daß diese Erklärung wohl

dem Phänomen im Allgemeinen, nicht aber seinen Einzelnheiten Genüge leiste. Einmal nemlich ist der Zug der Milchstraße zwar nicht ganz scharf, doch aber immer schärfer begrenzt als diese Ansicht zu gestatten scheint; sodann aber steht der stellenweise doppelte Zug — mit einem verhältnißmäßig dunklem Zwischenraume — die sehr ungleiche Breite, die in der südlichen Hemisphäre an einigen Stellen davon auslaufenden Seitenäste einer einfach linsenförmigen Gestalt des Ganzen entgegen, was auch bereits Herschel erkannte und deshalb eine zusammengesetztere Form versuchte.

Vielleicht ließe sich das Räthsel in folgender Weise lösen. Die Fixsternwelt, vorläufig mit Ausschluß der Milchstraße, ist ein, wenn auch nicht sphärischer, doch von der Kugelgestalt nicht so sehr abweichender Haufen, und wir befinden uns seiner Mitte näher, als seinen Grenzen. Diesen Haufen nun umgiebt in einiger Entfernung ein großer Sternengürtel, nicht einfach und gleichmäßig, sondern, wie das Ringsystem Saturns, aus mehreren ungleichen und etwas verschiedenen Ebenen angehörenden Ringen bestehend. Wir sehen diese Ringe theils hinter einander als einfachen Zug, theils neben einander, da wo ihre Ebenen nicht zusammenfallen. Aus großen Fernen betrachtet, würde demnach das Ganze ein ähnliches Bild wie Saturn darbieten, mit dem wesentlichen Unterschiede, daß nicht die in der Mitte befindliche Kugel oder Sphäroid, sondern der oder die Ringe den hauptsächlichsten Theil des Ganzen ausmachen; denn während Herschel der Milchstraße 18 Millionen einzelner Sterne giebt, kann man die Zahl der übrigen, dem Innern angehörenden Sterne höchstens auf 3 bis 4 Millionen setzen.

Sei dem nun wie ihm wolle, immer wird die Milchstraße gedacht werden müssen als in näherem oder entfernterem Zusammenhange mit unserer Fixsternwelt befindlich und also zu ihr gehörend. Von der Ausdehnung dieser

Gesammtheit möchte es schwer sein, sich eine bestimmtere Rechenschaft zu geben: nach dem, was wir über die Entfernung der nächsten Fixsterne jetzt wissen, dürfte die Zeit des Lichts, von den entferntesten Theilen der Milchstraße bis zu uns, auf mindestens 4000 Jahre anzuschlagen sein.

Nun aber gewahrt das hinreichend bewaffnete Auge noch zahlreiche Stellen am Himmel, die einen blassen Lichtschimmer zeigen, und in der verschiedensten Gestalt und Größe. Wir kennen, fast allein durch Herschels und seines Sohnes Bemühungen, gegen 2500, von denen aber kaum der vierte Theil in andern als Riesenteleskopen sichtbar ist. Nur zwei oder drei von ihnen gewahrt das bloße Auge, und die sorgfältigsten Untersuchungen Messiers, der vor Herschel sich diesen Forschungen widmete, hatten die Zahl doch nur auf 102 gebracht. Einige von ihnen, wie der Orion-Nebel, haben sonderbare, schwer zu beschreibende Formen, in denen sich nichts Regelmäßiges zeigt; bei sehr vielen läßt sich der großen Lichtschwäche wegen eine bestimmte Form gar nicht erkennen; wo dies aber möglich ist, findet man doch die runde, und nächst dieser die länglicht elliptische Form als die vorherrschende. Einige, wie der helle Nebel in der Andromeda, erscheinen an den Enden gleichsam zugespitzt, andere in Form von langen schmalen Streifen. Bei mehreren zeigt sich eine Verdichtung nach der Mitte zu, entweder allmälig, oder so, daß die Mitte wie eine Art Kern erscheint. Einige Nebelflecke sind ringförmig, und in einem Falle zeigt sich ein Ring auf der einen Seite einfach, auf der andern doppelt. Bei den rundlichen ist häufig nicht die Mitte, sondern eine Seite heller als das Uebrige, und eben so ist oft eine Seite schärfer begrenzt, die andere dagegen verwaschen. Eine scharfe Grenze zeigt sich überhaupt nur bei wenigen (Herschel nannte sie planetarische Nebelflecke); doch hat man sich nie eine so bestimmte, wie bei Planetenkörpern, vorzu-

ſtellen, und die Beſtimmung der ſcheinbaren Größe bleibt in den meiſten Fällen ſehr mißlich. Veränderungen der Geſtalt oder des Ortes ſind noch nicht wahrgenommen worden.

Bei mehreren gewahrt man, und zwar ohne viele Mühe, einzelne Fixſterne, theils auf ihrem Grunde, theils an ihrem Rande oder doch hart in ihrer Nähe, wobei ſich allerdings nicht entſcheiden läßt, ob dieſe Nähe blos optiſch oder phyſiſch ſei; in den meiſten Fällen iſt das Erſtere wahrſcheinlich. Dagegen gelingt es nur in ſeltenen Fällen und mit den kräftigſten Teleſkopen, den Nebelfleck in Sterne *aufzulöſen*. Wo es indeſſen gelingt, da gewährt das Gebilde einen unbeſchreiblich prachtvollen Anblick. Ein Nebelfleck im Hercules zeigt bei der Auflöſung 6—10,000 im Fernrohr gleichzeitig ſichtbarer Sterne, deren Gedränge in der Mitte ſo dicht wird, daß zuletzt Alles in einen Lichtball zuſammenfließt. Einzelne Sterne heben ſich ſoweit hervor, daß ſie allenfalls eine Meſſung geſtatten. In andern Fällen gewahrt man einen Haufen von Punkten wie feiner Sand, ſo daß man nicht im Stande iſt, einzelne Punkte feſtzuhalten, ſondern ſich mit dem Totaleindruck begnügen muß. In noch andern Fällen einer theilweiſen oder völligen Auflöſung zeigt ſich ein einzelner hellerer Stern in der Mitte, röthlich oder goldgelb. Manche Nebelflecke bieten unter den günſtigſten Umſtänden ein gleichſam wollflockiges Anſehen, eine Andeutung der Auflösbarkeit, wenn man noch ſtärkere Hülfsmittel anwenden könnte, doch ohne daß die Auflöſung ſelbſt gelingt. Aber ſelbſt mit Hinzurechnung dieſer letztern bilden die auflösbaren Nebelflecke doch nur einen geringen Theil der übrigen, höchſtens 2—3 Procent, und die große Maſſe der übrigen, unter denen ſich auch mehrere ſehr helle und große befinden, zeigt keine Spur einer Auflösbarkeit.

Man muß hiervon diejenigen Sternhaufen unterſcheiden, die zwar dem bloßen Auge als neblige Lichtflecke erſcheinen,

jedoch schon in ganz mäßigen Fernröhren dieses Ansehen verlieren und sich als dichtgedrängte Sterngruppen gewöhnlicher Art darstellen, wie etwa Präsepe des Krebses, und eben so die Nebelsterne, die besonders im Orion häufig sind, und wo ein oft selbst dem bloßen Auge sichtbarer Stern mit einem nebligen Schimmer, wie mit einer Atmosphäre, umgeben ist: eine Erscheinung, die in manchen Fällen blos optisch sein mag.

Die Vertheilung der Nebelflecke am Himmel ist überaus ungleich. Während einige Gegenden, wie der nördliche Theil der Jungfrau, förmlich von Nebelflecken wimmeln und viele von ihnen sich zu Doppel- und mehrfachen Nebeln gruppiren, bleiben andere Regionen von ihnen völlig leer. In der Nähe der Milchstraße sind sie meist seltner, als anderwärts. Doch kann man hierüber noch keine bestimmteren Angaben machen, da viele Gegenden des Himmels noch wenig untersucht sind, auch in höheren Breiten nicht wohl untersucht werden können, da hierzu eine völlige Nachtdunkelheit gehört, welche bei uns die Sommernächte nicht mehr gewähren.

Was sind nun *diese* Körper? Zu unserer Fixsternwelt, wie wir sie im Vorigen geschildert haben, gehören sie allem Anschein nach nicht. Alles deutet auf eine noch viel größere Entfernung, als alle bisher betrachteten. Versetzen wir uns in Gedanken außerhalb der Grenzen unserer Fixsternwelt, und entfernen wir uns immer weiter von ihr, so werden wir anfangs eine große, weitverbreitete Masse von Sternen erblicken; bei größerer Entfernung wird der Umfang sich verkleinern und man wird nicht mehr alle einzelnen unterscheiden; bei noch größerer werden wir, falls wir nach der Richtung der Pole der Milchstraße hin uns entfernen, einen ringförmigen, theilweise noch auflösbaren Nebelfleck; falls wir aber nach der Richtung der Milchstraße selbst stehen, einen länglichten Nebelfleck erblicken; endlich in grö-

ßester Entfernung wird sich ein unbestimmter Lichtschimmer zeigen, dem keine bestimmte Gestalt, keine einzelnen Theile mehr abzugewinnen sind. Hieraus mögen wir abnehmen, was wir von diesen Körpern zu halten haben.

Unsere Fixsternwelt, die Milchstraße mit einbegriffen, ist, trotz ihres ungeheuren Umfangs, doch nur eine Welteninsel im Ocean der Himmelsräume. Tausende und aber Tausende ähnlicher Welteninseln liegen außerhalb, weit außerhalb derselben. Die nächsten von ihnen verrathen uns noch etwas von ihrem Innern, und lassen uns ihre leuchtendsten Glieder in den mächtigsten Teleskopen einzeln wahrnehmen. Die entfernteren jedoch zeigen uns nichts mehr, als ihren vereinigten Schimmer, und vergebens mühen wir uns ab, von ihnen etwas mehr zu erforschen, als die Ueberzeugung von ihrer Existenz. Noch entferntere mögen uns noch ganz verborgen sein, und erst künftigen kräftigeren Instrumenten sich darstellen.

Nicht unerwähnt können wir hier eine Meinung lassen, für welche sich zu viele und zu gewichtige Namen ausgesprochen haben und die in der That Vieles für sich hat. Nach ihr wäre die Unauflöslichkeit der Nebelflecke, zum großen Theile wenigstens, keineswegs eine blos subjective. Sie beständen vielmehr gar nicht aus Fixsternen, sondern gleichsam aus Weltenstoff, aus chaotisch verbreiteter und verdünnter Masse, aus der etwa in Zukunft, durch einen Proceß analog demjenigen, durch welchen auch unser Sonnensystem sich gebildet haben mag, einzelne Sterne sich zusammenballen dürften. Die Schöpfung sei kein abgeschlossener Act, sondern ein fortwährendes Wirken; neben ausgebildeten Sonnen- und Fixsternsystemen gebe es andere, die erst in der Ausbildung begriffen seien, und noch andere, wo diese Ausbildung noch gar nicht begonnen. Man kann diese Ansicht noch dadurch unterstützen, daß wir ja eigentlich schon

von unſerer eigenen Fixſternwelt den gegenwärtigen Zuſtand nur inſofern erblicken, als angenommen werden darf, er ſei demjenigen gleich, welcher zu der Zeit ſtattfand, wo der jetzt unſer Auge treffende Lichtſtrahl vom Sterne ausging. Für ſo ungeheure Fernen iſt dieſe Zeit eine überaus große, und die 2 Millionen Jahre, welche Herſchel als die Zeit des Lichts für den entfernteſten, in ſeinem Teleſkop noch ſichtbaren Nebelfleck annimmt, ſind allem Anſchein nach nichts weniger als übertrieben. Es könnten alſo gar wohl gegenwärtig jene Maſſen in einem viel weiter vorgeſchrittenen Bildungszuſtande ſich befinden, als wir ſie erblicken, und unſere eigene Fixſternwelt habe möglicher Weiſe in einer ſo fernen Vorzeit in einem ähnlichen chaotiſchen Zuſtande ſich befunden.

Wir bekennen, einen erheblichen Einwurf gegen dieſe Anſicht nicht aufſtellen zu können. Einige Schwierigkeit dürfte es machen, ſo dünn zerſtreute Materie gleichwohl mit einem ſo ſtarken eigenen Lichte leuchten zu laſſen, daß uns noch ein Schimmer zu Theil wird. Allein bei unſerer Unbekanntſchaft mit der Natur dieſer Urmaterie iſt dies kein haltbarer Gegengrund. Da ſich indeß die Unauflöslichkeit der Nebelflecke auch ohne eine ſolche Annahme erklären läßt; da ferner eine jede Maſſe, ausgebildet oder nicht, einen Gleichgewichtszuſtand bedingt, ein ſolcher aber für nicht feſte Körper ſtets eine ſymmetriſche Form vorausſetzt: ſo müßte man wenigſtens alle diejenigen Nebelflecke, welche eine ſolche ſymmetriſche Form ganz beſtimmt nicht zeigen, einen bereits ausgebildeten, conſolidirten Zuſtand annehmen; mögen ſie uns auflöslich ſein oder nicht. Für die übrigen — und ihrer iſt allerdings die bei Weitem größere Zahl — wird die Entſcheidung ausgeſetzt werden müſſen. Wir haben von dem, das Herſchel'ſche weit übertreffenden Roſſe'ſchen Teleſkop, das nach 15jährigen Bemühungen des Beſitzers

endlich zu Stande gekommen und aufgestellt worden, manche neue Aufschlüsse über diesen schwierigen Punkt zu erwarten. Wenn mit jeder neuen Vervollkommnung unserer Werkzeuge im entsprechenden Verhältniß neue, bisher unauflösliche Nebelflecke aufgelöst werden, ohne daß sich uns eine nicht überschreitbare Grenze offenbart, so muß die erwähnte Ansicht allmälig an Wahrscheinlichkeit verlieren. Der Zukunft also ist die große Frage anheimgestellt.

Wir sind so tief in die Unermeßlichkeit eingedrungen, als es uns irgend vergönnt war; wir haben die ältesten Zeugnisse vom Dasein der Materie (wie Humboldt sie nennt) vor unserm Auge vorübergeführt. Da wir nicht weiter vorzudringen, nichts Bestimmteres weiter zu erforschen vermögen; da wir hier augenscheinlich, zwar nicht die Grenzen der Schöpfung, doch aber die Grenzen unseres Wissens erreicht haben, so wollen wir zurückkehren und unsere Erde wieder aufsuchen, dieses Pünktchen im Raume, das man früher mit dem Namen Welt beehrte. Nur Eine Vergleichung sei uns in dieser Beziehung noch gestattet. Die Forschungen im Mikrokosmos, die in neuerer Zeit zu nicht minder wichtigen Aufschlüssen geführt haben oder zu führen versprechen, die mikroskopischen Untersuchungen der feinsten Zellgewebe in den organischen Naturkörpern, haben uns unter Anderem auch mit der kleinsten sichtbaren Größe bekannt gemacht. Ein Körper von $^1/_{3000}$ Linie Durchmesser ist noch als bestimmter Punkt wahrnehmbar. Dieser kleinste der mikroskopischen Punkte, mit der Erdkugel verglichen, ist beträchtlich größer, als die Erdkugel, mit den Räumen verglichen, die uns von den entferntesten Nebelmassen trennen. Sucht man die Anzahl der Erdkugeln, welche den uns aufgeschlossenen Weltenraum anfüllen könnte, so erhält man eine Zahl von sieben und vierzig Ziffern, wogegen die Summe jener Pünktchen, welche den Raum der Erdkugel füllt, durch eine Zahl von

ein und vierzig Ziffern darzustellen ist. Damit sei es genug.

XXV.

Die Aufgabe der künftigen Himmelsforschung.

Gewiß ist nichts schwieriger, als die verschiedenen Zeitalter, welche das Menschengeschlecht auf Erden durchlebt hat, ihrem Werthe nach mit einander zu vergleichen, sofern man nicht eine oder die andere Richtung der Bestrebungen, sondern die gesammte menschliche Entwickelung überhaupt zum Maaßstabe der Vergleichung nehmen will. Leichter dürfte die Antwort sein, wenn wir die Frage enger begrenzen, und kaum dürfte sich noch eine Stimme des Zweifels erheben, wenn wir behaupten, daß zu keiner Zeit die Naturwissenschaften so gründlich getrieben, so richtig in ihrer wahren Stellung und Bedeutung erkannt, mit einem Worte so hoch gehalten wurden, als gegenwärtig. Nie war ihre Verbreitung so allgemein, ihre Anwendung so mannichfaltig, die ihnen zu Gebote stehenden Mittel so großartig, als dies jetzt der Fall ist. Auch die gebildetsten Völker der Vorzeit hatten nie eine so tiefe Einsicht in dieselben erlangt, noch ihren innern Zusammenhang überschaut. Mit einzelnen welthistorischen Entdeckungen auf diesem Gebiete kann zwar fast jedes Jahrhundert in die Schranken treten; einzelne Namen, die zu einer allgemeinen Berühmtheit gelangten, haben fast keiner Generation gefehlt, ja der Nimbus, mit dem die Bewunderung der Zeitgenossen sie umgab, kann von keinem der Jetztlebenden mehr in Anspruch genommen werden, und so könnte es einem oberflächlichen Beobachter scheinen, als

erzeuge unsere Zeit nicht mehr so große Männer als früher. Gleichwohl würde sich dies sehr bald als eine Täuschung ergeben und das Resultat dürfte sein, daß Alles zusammengenommen, was die früheren Zeiten erforscht haben, gegen die Leistungen der Jetztwelt unbedeutend erscheine.

Denn was war es, was den Erfinder des Compasses, des Schießpulvers, des Fernglases so hochberühmt machte und das Staunen der Zeitgenossen erregte? Verfolgen wir die Geschichte dieser Erfindungen, so weit sie zu uns gelangte, so finden wir, daß die Urheber selbst sich keine genaue Rechenschaft über die innere Natur dessen, was sie zu finden so glücklich gewesen waren, zu geben vermochten; und daß noch viel weniger die Zeitgenossen im Stande waren, ein richtiges Urtheil zu fällen über den Gewinn, der der Wissenschaft zu Theil geworden. Nicht eine deutliche Einsicht, sondern gerade umgekehrt, der fast gänzliche Mangel einer solchen veranlaßte jenes dumpfe Verwundern, das sich in noch früheren Zeiten bis zur Vergötterung steigerte. Die allgemeine Finsterniß war es, die die einzelnen Glanzpunkte nur um so strahlender erscheinen ließ.

Und wie war es anders möglich in einem Zeitalter, wo es eine selbstständige Naturforschung noch gar nicht gab; wo das, was man Wissenschaft nannte, aus isolirten Thatsachen bestand, deren Darstellung im fremden Idiom schwerfällig einherschritt, und wo nur äußerst wenigen Eingeweihten der Zutritt zum Tempel verstattet war; wo mit wenigen Ausnahmen das Wissen keinen Einfluß auf das Leben der Gesammtheit äußerte, und also keine Anregung durch dasselbe erfuhr? Die Wissenschaft des Arztes, fast die einzige mit Sorgfalt gepflegte (weil unbedingt nothwendige), mußte, wie wenig sie sich auch dazu eignen mochte, Jahrhunderte lang allen übrigen Bestrebungen zur Stütze dienen. Wir sehen den Mathematiker und Astronomen umgeben von den

Apparaten des Heilkünstlers, denn unter allen den Himmlischen vermochte Aesculap es allein, seinen Jüngern Reichthum und Ehre zu geben, und nur als Arzt war der Forscher vor dem Hungertode gesichert. Aber wenn er es auch über sich vermocht hätte, dem Mangel und der Verachtung Trotz zu bieten und sich in sein inneres Heiligthum zu flüchten: wer schützte ihn vor Verfolgung, ja vor Ketten und Scheiterhaufen? Es war jene von Manchem zurückgewünschte Zeit, wo eine althergebrachte theologische Exegese in stolzer Ruhe sich breit machen durfte, ungenirt vom kopernikanischen Weltsystem wie von geologischen Forschungen; wo Alchymie ihre Zauberkreise auf einem Felde zog, das die Chemie noch nicht in Besitz genommen hatte; wo Astrologie der Deckmantel war, unter dem die schüchterne Himmelsforschung sich verbarg; wo jedes fremde Land für ein Land der Wunder galt, und Niemand sich verrechnete, der auf die Leichtgläubigkeit und Curiositätensucht der Masse speculirte.

Dem achtzehnten Jahrhundert gebührt die Anerkennung, diese schmählichen Fesseln abgeschüttelt zu haben, an denen schon das siebzehnte stark gerüttelt hatte. Damals hatte die Wissenschaft harte Kämpfe zu bestehen, doch sie liegen hinter uns und der Sieg ist errungen. Es galt, die Naturwissenschaften zu emancipiren und gleichzeitig sie zu läutern, selbstständige Grundlagen für sie zu schaffen, um nicht länger jenes demüthigen Anklammerns zu bedürfen; es galt, sich ein eigenes Besitzthum zu erobern, statt als eine Magd im fremden zu dienen. Vergleichen wir den Schluß des achtzehnten Jahrhunderts mit seinem Anfange, so gewinnen wir ein höchst erfreuliches, wenngleich noch immer mannichfach getrübtes Bild. Nicht blos die Masse des Wissens hatte sich vermehrt: ein weit höherer Gewinn war es, daß die einzelnen Bestrebungen sich verallgemeinerten, daß man auf inneren Zusammenhang bedacht war und die Nothwendigkeit

erkannt hatte, nichts ohne genügenden Grund hinzustellen. Man wußte nun, was man wollte, man hatte sich ein festes Ziel gesteckt, die früheren Fehler und Mißgriffe eingestanden und sie zu vermeiden gelernt.

Aber indem man rüstig fortschritt auf der neuen geebneteren Bahn, stellte sich mehr und mehr heraus, wie ungemein viel noch zu thun sei und wie wenig Gebrauch von so manchen Systemen gemacht werden könne, welche im ersten Eifer zu rasch und vorschnell aufgebaut worden waren. Man versuchte, Besseres an ihre Stelle zu setzen, doch nicht in allen Fächern mit gleichem Glück, und es entstand ein ungewisses Schwanken, das am nachtheiligsten da empfunden wurde, wo Wissenschaft und Praxis sich am unmittelbarsten berührten, — in der Arzneiwissenschaft, während man z. B. den Zwisten der Geologen weit ruhigeren Gemüthes zuschauen konnte. So fand das neunzehnte Jahrhundert in seinem Beginn zwar die früheren Hindernisse größtentheils weggeräumt, aber auch die Anforderungen weit höher gestellt, und den größten Theil der Aufgabe noch ungelöst.

Auch die Astronomie nahm Theil an dieser allgemeinen Umgestaltung: nur daß in ihr weit weniger, als in den übrigen Naturwissenschaften, jenes ungewisse Schwanken wahrgenommen ward. Rückschritte hat sie, wenn man die finsterste Zeit des Mittelalters ausnimmt, in der die Erde wieder flach wurde, eigentlich nie gemacht, und seit Kopernikus und Kepler sind sie für immer unmöglich geworden. Auch gelangte sie früher, schon in der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts, zu einer so festen Grundlage, als noch heut keine andere Wissenschaft sich rühmen kann, und die sie kühn als das Gesetz des Universums hinstellt. Ein Riesengeist, den seine staunenden Zeitgenossen ganz zu begreifen noch nicht fähig waren, gab es ihr in der Gravitationstheorie, einer Lehre, die weder in der Einfachheit ihres Aus-

drucks, noch in der Fruchtbarkeit ihrer Anwendung ein zweites Beispiel in der Geschichte der Wissenschaften findet und die unbestritten das schönste Denkmal ist, welches der Mensch sich gesetzt hat. Lagrange, der Newton das größte Genie aller Zeiten nennt, hat vollkommen Recht, wenn er hinzufügt: „aber auch das glücklichste, denn es giebt nur Ein System des Weltalls zu erfinden.“ So hatte die Astronomie ihre unabänderliche Basis schon gewonnen, als man in andern Zweigen der Naturwissenschaften noch kaum die Nothwendigkeit erkannt hatte, eine solche zu suchen, und noch nicht den Anfang gemacht hatte, den alten Wust aufzuräumen.

Doch wie nahmen die Zeitgenossen, wie nahm das nachfolgende Geschlecht die große Entdeckung auf? Im ersten Anfange mit offenbarer Verkennung und Gleichgültigkeit. Der Urheber selbst sah sich noch über ein Jahrzehend hindurch genöthigt, von seinem eigenen Lehrstuhl herab sie gleichsam zu ignoriren und die Descartesschen Wirbel anzunehmen. Als endlich die Anerkennung errungen war, folgte die ungemessenste Bewunderung, ja Vergötterung ihres Urhebers: doch die rechte Mitte ward verfehlt. Oder wo begegneten wir, bis gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts hin, einem wirklichen Fortschritt auf der von ihm gebrochenen Bahn? Erklärern und Commentatoren begegnen wir, nicht aber ebenbürtigen Nacheiferern: es scheint, als ob über ein halbes Jahrhundert nöthig gewesen sei, sich von dem Erstaunen über den riesenhaften Fortschritt einigermaßen zu erholen. Nun erst sah man die Unermeßlichkeit des eröffneten Feldes vor sich und erkannte die Schwierigkeiten, die seiner Bearbeitung entgegenstanden. Wir sehen mit Euler, Clairaut, Lagrange eine Reihe großer Analysten beginnen und in ununterbrochener Folge bis auf unsere Tage reichen. Alle civilisirten Völker haben Theil genommen an diesem Wett-

kampfe, doch vor Allem waren es Deutſche und Franzoſen, welche das Werk des großen Briten wieder aufnahmen und fortführten. Einem Laplace und Poiſſon, einem Beſſel, Gauß und Hanſen vermag kein anderes Volk gleiche Namen gegenüberzuſtellen. Die von ihnen entwickelte Theorie hat uns dahin geführt, Blicke in die innerſten Geheimniſſe der Syſteme zu thun und Wahrheiten zu entdecken, die, wenn ſie allein der Beobachtung überlaſſen geblieben wären, theils ſehr ſpät und unvollkommen, theils gar nicht aufgefunden worden wären. Aber das großartige Gebäude iſt noch nicht vollendet. Noch immer zeigen uns die Beobachtungen, wenn wir unſere Theorie an ihnen prüfen, Abweichungen in verſchiedenem Sinne, die zwar im Vergleich zu dem, was die Inſtrumente vor einem Jahrhundert leiſteten, als unbedeutend verſchwinden, heutigen Tages aber gleichwohl zu groß ſind, um durch Fehler der Beobachtung erklärt werden zu können, und die uns alſo das Anerkenntniß abnöthigen, daß die Theorie doch noch immer nicht bis in ihre feinſte Einzelnheit durchgeführt ſei. Namentlich iſt dies der Fall bei unſerem Monde, und wir müſſen Abweichungen von 10 und mehreren Secunden in den Beobachtungen noch immer toleriren. Wir bedienen uns annähernder Methoden, die zwar oft bloße Erleichterungen ſind und, richtig angewandt, eben das leiſten, was der ſtrenge analytiſche Ausdruck gegeben haben würde; oft aber auch nur nothgedrungene Behelfe, die uns der Wahrheit möglichſt nahe führen, da, wo wir zur vollen und ganzen Wahrheit noch nicht gedrungen ſind; und eins der wichtigſten Probleme, das der drei Körper, entbehrt noch immer einer ganz allgemeinen Löſung. Wäre ſie gegeben, ſo würde der Vielen ſo anſtößige Ausdruck Störung aus der Theorie des Weltſyſtems verſchwinden und jede Bewegung ſich als wahre Bahn darſtellen laſſen, während jetzt einzig der Fall, wo einer der drei

Körper durch Maſſe oder größere Nähe das entſchiedenſte Uebergewicht zeigt, einigermaßen befriedigend gelöſt iſt. Und doch handelt es ſich hier um kein neues Geſetz, ſondern einzig um folgerechte Entwickelung des von Newton bereits gegebenen und feſtgegründeten, und man iſt des bereits gewonnenen Beſitzes vollkommen ſicher.

Wie aber, wenn, der Allgemeinheit dieſes Geſetzes unbeſchadet, neben ihm noch andere Kräfte, wie ſie ſich zwiſchen den terreſtriſchen Subſtanzen wirkſam erweiſen, auch bei den kosmiſchen ſich geltend machten? Wenn wir demnach nicht Gravitation allein, ſondern auch Magnetismus und Chemismus zu berückſichtigen hätten? Wenn vielleicht noch ganz andere unbekannte Beziehungen, für welche die gegenwärtige Sprache des Erdbewohners keine Namen kennt, zwiſchen den Weltkörpern ſtattfänden, und ihren Einfluß auf die Abſtände und Bewegungen bemerklich machten? Wenn der Raum nicht abſolut leer, ſondern mit einem auch nur unendlich dünnen Mittel erfüllt iſt, das auf die Bewegungen hemmend einwirkt und ſich in der Erſcheinung, wenn auch vielleicht erſt nach Myriaden von Jahren und bei den formloſeſten Körpern, herausſtellt? Ueberblickt man die Data, welche uns die neueſten Beobachtungen und Unterſuchungen an die Hand geben, ſo wird man ſich geſtehen, daß wir hier nicht von blos hypothetiſchen Möglichkeiten ſprechen. Encke hat an dem Kometen, welcher ſeinen Namen führt, dieſes ſchon früher vermuthete widerſtehende Mittel im Sonnenſyſteme nachgewieſen und ſeine Realität ſelbſt gegen die von Beſſel aufgeworfenen Zweifel ſiegreich behauptet. Der Letztere hat an einem andern, dem Halley'ſchen, Kometen Erſcheinungen wahrgenommen, die auf eine Ausſtrömung, folglich Abſtoßung der Materie deuten, jedenfalls alſo auf ein Verhältniß, das mit dem Geſetz der Schwere nicht in Verbindung ſteht, wenngleich es ihm nicht widerſpricht. Auf

der andern Seite hat Kreyl zu zeigen verſucht, daß dem Monde ein Einfluß auf die Declination und Intenſität der Magnetnadel zukomme, und daß die uns zugewendete Seite des Mondes wie ein magnetiſcher Nordpol wirke. Es iſt kein Einwurf, daß alle dieſe Wirkungen äußerſt klein und daß der für ſie ſprechenden Thatſachen erſt ſo äußerſt wenige ſind. So viel ſteht längſt feſt, daß es in den Beziehungen der Weltkörper zu einander kein Agens giebt, welchem im Vergleich zur Attraction eine quantitative Bedeutenheit zukäme; und die Bewährung unſerer Theorie, die Sicherheit unſerer Vorausbeſtimmungen zeigt zur Genüge, daß uns höchſtens nur noch das Letzte und Feinſte unbekannt geblieben ſein könne. Aber dieſes zu erforſchen, iſt nicht minder wichtig, und erſt wenn wir auch die ſchwächſte und verborgenſte Kraft darzuſtellen im Stande ſind, werden wir von dieſer Seite der Aufgabe Genüge gethan haben. Auch ſcheint es, daß die abſtracte Mathematik, wiewohl ſie ſich bei Entwickelung des Attractionsgeſetzes vollkommen genügend erwies, doch nicht allein im Stande ſein werde, die Aufgaben zu löſen, welche uns die Beobachtung auf dieſem Felde bereits vorgelegt hat und in Zukunft vorlegen wird. Den künftigen Analyſten, die ſich an ihnen verſuchen werden, wird Vertrautheit mit den Lehren der Phyſik und Chemie als ein unabweisbares Bedürfniß erſcheinen. Dazu aber iſt alle Ausſicht vorhanden, denn die ebengenannten Zweige der Naturwiſſenſchaft haben ſich gleichfalls neu geſtaltet, ſich von der rohen Empirie früherer Zeiten losgemacht und erkannt, daß ſie bei ihren Fortſchritten der Hülfe der höheren mathematiſchen Analyſis nicht entbehren können. Bei dieſem ſchönen Entgegenkommen und Verſchwiſtern der drei Wiſſenſchaften wird die Zukunft weniger ſelten einem Arago und Gauß begegnen, bei denen gefragt werden muß, ob ſie größer als Aſtronomen oder als Phyſiker ſeien, wenngleich auf der

andern Seite die Ausdehnung, welche die genannten Wissenschaften gewinnen, es immer schwerer machen wird, mehrere derselben in Einer Person zu vereinigen.

Denken wir uns nun den Fortschritt so weit gediehen, daß die im Kosmos wirksamen Kräfte bekannt, ihre Gesetze festgestellt und ihre Theorie entwickelt sei, ein Ziel, welches zu erreichen nicht außerhalb der Möglichkeit liegt; so können wir auch den Gang bezeichnen, den alsdann diese Untersuchungen nehmen werden. Ihr Gegenstand sind die Abweichungen, welche zwischen Theorie und Beobachtung sich noch zeigen. Sind die letztern so klein, daß sie vollständig den Fehlern der Wahrnehmung zugeschrieben werden können, so ist keine Veranlassung gegeben, durch sie ein bisher gänzlich Unbekanntes erforschen zu wollen: ihre Benutzung wird, wie schon jetzt geschieht, darauf hinauskommen, daß man die zum Grunde gelegten numerischen Werthe der Elemente stets mehr und mehr der Wahrheit näher bringt. Findet aber diese Voraussetzung nicht statt, und läßt sich kein System von Elementen, keine zulässige Combination der bekannten Potenzen auffinden, durch welche Theorie und Beobachtung innerhalb der Genauigkeitsgrenze der letztern vereinigt werden können, so wird man den Grund der Abweichung in neuen, bisher noch unbekannt gebliebenen Massen suchen müssen. Einen Gedanken dieser Art hatte schon Clairaut gefaßt, als er die Bahn des Halley'schen Kometen und seine Wiederkehr für 1759 vorausberechnet hatte, und der Erfolg eine Abweichung von etwa einem Monat zeigte. Er hatte nemlich die Rückkehr zur Sonnennähe auf die Mitte des April berechnet, während der Erfolg den 13. März des genannten Jahres ergab. Nochmals sah er seine Rechnung durch, fand keine ausreichende Erklärung der Nichtübereinstimmung und vermuthete nun, daß vielleicht ein noch unbekannter Planet jenseits des Saturnus kreise, welcher

eine ſtörende Wirkung auf den Kometen ausgeübt habe. Er hatte recht vermuthet; denn 22 Jahre ſpäter fand Herſchel den Uranus. — Wir dürfen erwarten, dieſen Fall ſich noch öfter wiederholen zu ſehen, aber gleichzeitig auch hoffen, daß man alsdann nicht bei einer geiſtreichen Vermuthung ſtehen bleiben werde. Alles, was wirkt, muß auch durch dieſe Wirkſamkeit ſein Daſein verrathen, ſobald die Geſetze dieſes Wirkens vollſtändig gegeben, und es ſelbſt ſtark genug iſt, um noch in den Beobachtungen merkliche Abweichungen zu bewirken. Wir ſind heut mit Uranus in demſelben Falle, wie Clairaut es mit dem Halley'ſchen Kometen war: wir finden Anomalien in ſeinem Laufe, die es ſchon Bouvard 1820 unmöglich machten, die ältern und neuern Beobachtungen in Eine Bahn zu vereinigen. Einſt wird eine neue Art von Entdeckungen beginnen, nachdem die alten, die das Fernrohr gemacht, wenigſtens innerhalb der Grenzen unſeres Sonnenſyſtems abgeſchloſſen zu ſein ſcheinen. Wohin kein Frauenhofer'ſcher Refractor, kein Herſchel'ſches oder Roſſe'ſches Rieſenteleſkop dringt, dahin wird das geiſtige Fernrohr, die Analyſis, vordringen und die neue Ernte beginnen. Von der wahrgenommenen, conſtatirten, anderwärts unerklärbaren Wirkung wird man zurückſchließen auf das Wirkende, und wie einſt Olbers, freilich von andern Betrachtungen geleitet, zwei neue Weltkörper da fand, wo er ſelbſt uns gelehrt hatte, ſie zu ſuchen, ſo wird der Analytiker dem Aſtronomen das Fernrohr richten und ihn den noch unbekannten Planeten finden lehren; aber auch ſelbſt wenn dies nicht gelänge, wird er ſeiner Sache ſicher ſein.

Doch ſo wichtig es auch immerhin ſein möge, auf dieſe Weiſe das Sonnenſyſtem ſich vervollſtändigen und neue Bürger gewinnen zu ſehen, ſo ſteht doch die Beantwortung anderer, noch wichtigerer und höherer Fragen auf dieſem Wege in Ausſicht. Ein Reich mag ſich erweitern und die

Zahl ſeiner Einwohner anwachſen ſehen, das verbürgt noch nicht ſeine Fortdauer in kommenden Zeiten, und ob und wie lange eine ſolche zu erwarten, hängt weit mehr von der innern Ordnung und Geſtaltung als der räumlichen Ausdehnung ab. Die Fragen, welche ſich auf die künftigen Schickſale und namentlich auf die Stabilität des ganzen Sonnenſyſtems beziehen, ſind wichtiger und umfaſſender als die über Anzahl und Grenze der Planeten. Wird unſere Erde ihr Licht ſtets dieſer Sonne verdanken, wird ſtets ein Mond ſie umkreiſen? Wird ſie ſelbſt ſtets bleiben, was ſie jetzt iſt, und was ſie, ſo weit die beglaubigte Geſchichte reicht, auch ſtets war, oder ſteht ihr eine andere Zukunft bevor? Werden die Planeten in ihren gegenwärtigen Bahnen fortrollen, oder werden ſich dieſe zu kometariſchen, oder noch andern Formen geſtalten? Wird das Ganze die Vereinigung behaupten, in der es ſich jetzt befindet, oder wird ſich Alles einſt trennen und auflöſen? Wenn wir ſolche Fragen ſtellen, ſo fühlen wir allerdings, daß ihre Kühnheit an Verwegenheit grenzt und daß ſie auf ganz gleicher Stufe mit denen ſtehen, welche die Schöpfung des Univerſums betreffen. Aber wir vermögen gleichwohl nicht, uns von ihnen loszumachen, denn ſie ſind von der höchſten und allgemeinſten Wichtigkeit, und ihre Beantwortung wird einſt möglich ſein. Ja ſie iſt es ſchon jetzt, ſo weit man von den bekannten Maſſen und Kräften auf die unbekannten ſchließen darf. Denn die von einander abhängigen, und — wenigſtens in Bezug auf unſre Kenntniß — arbiträren Werthe der Bahnelemente für die verſchiedenen Glieder unſres Sonnenſyſtems ſind ſo gewählt, wie eine immerwährende Dauer des Syſtems ſie erfordern würde. Weſentliche Aenderungen in der Stellung, namentlich der größern (z. B. eine ſtärkere Excentricität der Jupitersbahn), würden im Stande ſein, die Dauer des Planetenſyſtems, wenn auch erſt in ſehr ferner Zukunft,

zu gefährden. Die Partialſyſteme ſtehen von einander, in Vergleich zu ihrer Ausdehnung, weit genug ab, um weſentlichen Störungen von Außen her nicht mehr ausgeſetzt zu ſein, und der einzige Fall, wo ein Trabant ſehr ſtarke Störungen von der Sonne erleidet, iſt auch zugleich der einzige, wo ein iſolirter Mond um den Hauptplaneten läuft, folglich keinem Nachbarmonde begegnen kann. Mit einem Wort, aus den uns bekannten Naturgeſetzen und unter Zugrundlegung der uns bekannten Maſſen läßt ſich keine Zerſtörung, kein Ausſcheiden aus dem Syſtem, kein Zuſammenſtoßen mit einem andern Körper für irgend welche Zeit ableiten, wenn man die abſolut unſchädlichen — weil faſt gänzlich maſſeloſen — Kometen ausnimmt, mit denen die Erde und andere Planeten nicht allein zuſammentreffen können, ſondern wahrſcheinlich auch ſchon zuſammengetroffen ſind, ohne daß ihre Bewohner das Mindeſte davon wußten. Allein nicht nur bei anderer Abwägung und Anordnung der Maſſen, ſondern auch bei andern, neben der Gravitation wirkſamen Kräften kann das Reſultat ein ganz anderes werden. Der Encke'ſche Komet z. B. beſchleunigt, in Folge des widerſtehenden Mittels, ſeinen Umlauf nach und nach; geht dies ſo fort und findet nicht auf irgend eine — bis jetzt noch nicht entwickelte — Art eine periodiſche Rückkehr zur früheren Umlaufszeit ſtatt, ſo wird er endlich nach Myriaden von Jahren ſich mit der Sonne vereinigen müſſen, und nach einer vielleicht Millionen Mal längeren Zeit würde dies auch mit den Planeten der Fall ſein. Dies nur als Andeutung, daß das Bisherige noch nicht zur abſoluten Erledigung der Frage ausreiche, und daß wir überhaupt ſie nicht eher erledigen können, bis wir ſicher ſind, alle Maſſen ſowohl, als auch alle Arten der Bewegungskräfte zu kennen. Nun aber haben wir oben geſehen, das dies eine Aufgabe der Zukunft ſei, und ſo wird auch nur in dieſer eine definitive Löſung

der großen Lebensfrage ſich ergeben. Gegenwärtig kann man nur ſagen, daß die überwiegende Wahrſcheinlichkeit für eine immerwährende Dauer des Sonnenſyſtems nach ſeinem gegenwärtigen Beſtande ſpreche. *)

Von der Natur und Vertheilung des widerſtehenden Mittels (Weltäthers) wird hierbei das Meiſte abhängen. Bis jetzt iſt uns faſt nur noch ſein Daſein bekannt, und ſelbſt dieſes wagt der vorſichtige Urheber jener Lehre nicht apodiktiſch auszuſprechen. Hanſen, welcher die Geſetze der Vertheilung des Aethers am gründlichſten unterſuchte, kam zu dem Reſultat, daß die Bahn- und Größenänderung des Encke'ſchen Kometen, des einzigen, der eine ſolche Unterſuchung jetzt ſchon zuläßt, durch ſehr verſchiedene Annahmen über die Vertheilung des Aethers ſich etwa gleich gut erklären laſſe, und es iſt demnach keine Veranlaſſung, irgend eine dieſer Hypotheſen vor der andern zu adoptiren. Nur muthmaßen können wir, daß dieſer Aether in der Nähe der Sonne dichter ſein werde, wiewohl es wenig wahrſcheinlich iſt, daß er nichts als die erweiterte Photoſphäre der Sonne ſelbſt ſei. Aber dies wird ſich anders geſtalten, wenn wir erſt im Stande ſind, die Unter-

*) Die neueſten hierher gehörigen Unterſuchungen ſind von Le Verrier. Er findet, daß der Beſtand der großen Planeten vom Jupiter an aufwärts durch die gegenſeitigen Störungen auch ſelbſt für die fernſte Zukunft nicht im Mindeſten bedroht ſei. Was die untern und kleinern Planeten, zu denen auch unſere Erde gehört, betrifft, ſo wagt er nur deshalb keinen beſtimmten Ausſpruch, weil uns noch die genauere Kenntniß ihrer Maſſen, die für die meiſten von ihnen ſehr ſchwer zu erlangen iſt, abgeht. Hunderttauſende von Jahren aber, für welche auch bei unſerer jetzigen mangelhaften Kenntniß die Dauer ſich verbürgen läßt, ſind doch keine Unendlichkeit. — Künftigen Berechnern, die le Verriers Unterſuchungen fortführen werden, dürfte der Umſtand zu Statten kommen, daß die Planetenmaſſen nur in demſelben Verhältniß weniger bekannt ſind, als ſie weniger wirken.

ſuchung auf Kometen auszudehnen, welche in entlegenere Räume des Sonnenſyſtems gelangen, wie der Halley'ſche, der im Aphelium 60mal weiter als im Perihel von der Sonne entfernt iſt. Schon die nächſten Jahre können uns hierüber belehren, wenn ſich erſt ein Berechner gefunden hat, der ſeine letzte, 9 Monate hindurch verfolgte Erſcheinung mit den früheren ſeit 1542 verbindet. Beſſer und erfolgreicher wird ſich aber die Unterſuchung anſtellen laſſen, wenn erſt die beiden im 20. Jahrhundert zu erwartenden Wiedererſcheinungen dieſes Kometen beobachtet ſein werden. Darin überhaupt beſteht die hohe Wichtigkeit guter Kometenbeobachtungen, daß ſie uns Körper kennen lehren, welche bei ihren ſtarken Neigungen und Excentricitäten in die entlegenſten Räume des Sonnenſyſtems, wohin kein Fernrohr ſie verfolgt, gelangen, und ſo gleichſam Alles erproben und uns von Allem Rechenſchaft geben können. Der Umſtand, daß wir ſie nur in ſonnennahen Gegenden ſehen, iſt bei dem jetzigen Zuſtand unſerer Theorie kein Hinderniß mehr, ſobald nur der Komet öfter wiederkehrt und ſeine Umlaufszeit abgeleitet werden kann.

Sind wir durch dieſen, ſowie durch andere periodiſche Kometen erſt über die relative, vielleicht ſelbſt über die abſolute Dichtigkeit des Weltäthers belehrt worden, ſo wird es möglich werden, das ſo gewonnene Reſultat auch auf die Planeten anzuwenden. Dieſe Körper ſind zu maſſenhaft, und ihre Entfernung von der Sonne zu wenig veränderlich, als daß an ihnen die in Rede ſtehende Forſchung beginnen könnte, wohl aber wird ſie an ihnen fortgeführt werden. Alsdann wird man die kleinen, bis dahin unerklärt gebliebenen Abweichungen einer theoretiſchen Prüfung unterwerfen und die Theorie aus ihnen berichtigen und erweitern. Dann wird man im Stande ſein, über die Ungleichheiten von langen Perioden ein beſtimmtes Urtheil zu fällen: Perioden, die

unſere Beobachtungen nicht andeuten können, da ſie Zeiträume umfaſſen, gegen welche die Dauer des Menſchengeſchlechts noch viel zu gering iſt, und an welche eine Theorie, die ſich ſelbſt noch nicht völlig Genüge leiſtet, ſich nur ſehr ſchüchtern wagen darf. Dieſe Perioden aber ſind es hauptſächlich, welche die Stabilität des Syſtems bedingen.

Wenn wir im Vorſtehenden die Kometen als diejenigen Weltkörper bezeichneten, welche am meiſten geeignet ſind, uns die Himmelsräume kennen zu lehren, ſo müſſen wir aufs Schmerzlichſte beklagen, daß die früheren Zeiten, bis zum 17. Jahrhundert herab, in Beziehung auf die Kometen ſich eines ſo ſchweren Mißgriffs ſchuldig machten. Die Geſchichte, bis ins graueſte Alterthum hinauf, wimmelt gleichſam von Kometen; ſie waren Jahrtauſende hindurch faſt das Einzige, was man am Himmel der Beobachtung werth hielt, und dennoch iſt Alles, was wir darüber aus der Vorzeit beſitzen, unbrauchbarer Wuſt. Mit ängſtlicher Sorgfalt beſchrieb man ihr „fürchterliches" Anſehen, ob ſie Flammen, Ruthen, gezückten Schwertern, feurigen Drachen u. dergl. geglichen, in welcher Stadt (!) oder Gegend ſie erſchienen waren, vor Allem aber, welche wirkliche oder vermeintliche Calamitäten, „durch den Kometen veranlaßt," die Menſchen betroffen hatten. Bald ſollte eine Mißgeburt, bald ein geſtohlnes Chriſtenkind, bald eine neue Ketzerei von einem Kometen vorhergeſagt ſein. Da konnte kein großer Mann ſterben, kein Krieg entſtehen, keine Krankheit oder Mißwachs ſich verbreiten, ohne daß ein Komet es verkündigt hätte: und es ſcheint wirklich, daß man in der Angſt, wenn kein Komet zu finden war, mit Sternſchnuppen und ähnlichen Meteoren vorlieb genommen habe. Die Geſchichte kennt keinen Aberglauben, der im Gemüth der Menſchen ſo feſt gewurzelt hätte als der Kometenwahn. Aber durchſuchen wir die voluminöſen Kometographien eines Lubeniezky, Zahn, Hevel auch nur nach der roheſten

und allgemeinsten Ortsbestimmung — fast das einzige, was die Wissenschaft brauchen könnte, — so finden wir gewöhnlich nichts, oder was wir finden, widerspricht sich. Unter 400 von Herschel aufgeführten Kometen sind 388 für die Wissenschaft verloren; nur bei 12 derselben konnte der Scharfsinn eines Halley den Versuch wagen, ob eine Bahn sich ableiten lasse, und diese gehören fast alle dem 16. und 17. Jahrhundert an. Nehmen wir noch hinzu, was Burckhardt aus alten chinesischen Kometenbeobachtungen — und wirklich haben die Chinesen weniger grob gelogen und sich etwas mehr um den Ort bekümmert als die Europäer — zusammengestellt hat, so kommen bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts etwa 25 Kometenbahnen heraus, bei denen Tycho's Beobachtungen noch das Beste gethan haben. Bei so gestalteten Sachen ist fast ohne Ausnahme jeder Komet, den wir jetzt am Himmel auffinden, für uns ein neuer und seine Untersuchung beginnt von vorn. In der That sind nur 3 Kometen als wirklich wiedergekehrte erkannt worden, und doch ist es fast gewiß, daß es nicht wenige gebe, die eine Bahn von einigen Jahrhunderten haben, mithin schon längst in die Rolle der seßhaften Bürger unseres Sonnensystems eingetragen wären ohne jene Sünden der Vorzeit. Nun aber kann uns jeder periodische Komet, wenn er bei seiner ersten und zweiten Erscheinung nur einigermaßen genügend beobachtet worden, so daß seine Umlaufszeit gegeben ist, schon bei seiner dritten Erscheinung gleichsam als Berichterstatter dienen, was er auf seiner fernen Wanderung angetroffen habe. So beauftragte Olbers den Encke'schen Kometen mit einer schärferen Untersuchung der bis dahin noch fast ganz unbekannten Mercurmasse, und wir wissen bereits, daß er seine Mission erfüllt habe. Er hat uns berichtet, daß dieser der Sonne nächste Planet nicht, wie man früher annahm, die Dichtigkeit des Goldes, sondern höchstens

die des Zinns habe, daß er überhaupt nur wenig dichter als Erde und Venus sei und seine Masse auf weniger als die Hälfte der früher angenommenen herabgesetzt werden müsse. Er wird nicht der einzige bleiben, den wir auf analytische Entdeckungsreisen aussenden, wenn wir nur erst mehrere haben, die sich zu solchen Aufträgen qualificiren. Ist nur erst die Bahn des Kometen durch gute Ortsbestimmungen möglichst berichtigt, so kann das andere, als Gestalt, Durchmesser, größerer oder geringerer Verdichtungsgrad und Durchsichtigkeit, Form und Länge des Schweifes, kurz Alles, was ein geübter und vorurtheilsfreier Beobachter an ihnen wahrnimmt, für weitere Forschungen fruchtbringend werden, und auf diesem Felde steht also den kommenden Jahrhunderten eine Ernte bevor, deren Reichthum wir jetzt wohl kaum ahnen.

Uebrigens mögen wir nicht wähnen, daß wir im Kometenbeobachten bereits die Höhe erreicht haben, die als erreichbar und wünschenswerth bezeichnet werden muß. Ein glücklicher Zufall hat bis jetzt die meisten entdeckt; eigentliche Kometensucher, wie Messier (19 Kometen), Caroline Herschel, Olbers, Pons, Galle sind bis jetzt seltene Ausnahmen. Wie viele mögen uns — und nicht blos in trüben Nächten — ungesehen entwischt sein, während eine absichtliche Vereinigung mehrerer, über entlegene Punkte der Erde zerstreuter Astronomen es einst wohl dahin bringen könnte, daß kein vom Fernrohr erreichbarer Komet unbekannt bliebe. Durchforscht jeder eine bestimmte Region des Himmels zu einer bestimmten, zweckmäßig gewählten Beobachtungszeit, so muß die Ausbeute nicht allein sehr reich sein, sondern — was noch wichtiger ist — die Unsicherheit, ob ein gewisser Komet in einer gegebenen Zeit erschienen sei oder nicht, wird nach und nach gänzlich aufhören. Freilich muß die Zahl der beobachtenden Astronomen — die,

wenn auch größer als jemals, doch noch immer klein genannt werden muß — beträchtlich anwachsen, wenn Kräfte genug zu einem solchen geregelten Kometensuchen gewonnen werden sollen. Insbesondere muß der Rajah von Travancore, der vor Kurzem zu Travandrum eine großartige Sternwarte erbaut, sie reich dotirt und mit einem tüchtigen Astronomen besetzt hat, mehr Nachahmer finden: denn je näher dem Aequator, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit eines günstigen Erfolges im Kometensuchen. Wenn dann noch Telegraphenlinien zum Dienste der Wissenschaft errichtet werden, damit die irgendwo gemachte Entdeckung möglichst rasch überall auf der Erde bekannt werde, so wird ein Jahrzehend mehr leisten, als jetzt ein Jahrhundert leistet, und weit mehr als die gesammte Vorzeit geleistet hat. Aber nicht blos mehr Beobachter, sondern vor Allem mehr Berechner müssen thätig sein. Die Kometenrechnungen, streng durchgeführt, erfordern einen ungemeinen Zeitaufwand. Der geübteste Rechner braucht gegen drei Jahre, um eine Erscheinung des Halley'schen Kometen so zu bestimmen, daß allen Erfordernissen Genüge geleistet ist. Nicht viel geringere Mühe macht der Encke'sche, der bei seiner häufigen Wiederkehr einen fast blos für ihn lebenden Berechner erfordert. Schon vor 25 Jahren sprach sich ein erfahrener Astronom dahin aus, daß ein tüchtiger Rechner mehr werth sei, als zwei neue Sternwarten.

Man würde indessen irren, wenn man diese allerdings große und schöne Aufgabe als die Hauptaufgabe der zukünftigen Astronomie betrachten wollte. Große und wohlausgerüstete Warten können sich ihr nicht anhaltend widmen, wenn sie nicht ein reiches Personal besitzen. Die kraftvollen Instrumente der Gegenwart, wie die hoffentlich noch trefflicheren der Zukunft — wenn anders die Munificenz hochsinniger Fürsten, wie wir es jetzt in so schönen Beispielen sehen, auch

ferner aſtronomiſchen Zwecken zu Hülfe kommt — würden, einzig dieſen Forſchungen gewidmet, ihre Vorzüge nicht genügend bewähren; ihnen bleibt eine höhere Aufgabe vorbehalten. Sie müſſen den weiten Räumen des Fixſternhimmels zugewendet werden, deſſen fernſte Regionen — die der Nebelflecke — noch ſo äußerſt wenig erforſcht ſind, bei aller Anerkennung deſſen, was die beiden Herſchel und Lamont geleiſtet haben. Wir beſitzen von der großen Mehrzahl nichts als ein Regiſter, deſſen Daten nur eben hinreichend ſind zum Wiedererkennen, und die ganze Aufgabe liegt in der Zukunft. Sie wird uns lehren, ob jene Maſſen Veränderungen des Orts, der Geſtalt, Größe, Dichtigkeit und Auflöslichkeit unterworfen ſind, eine Frage von ungemeiner Wichtigkeit, denn ſie iſt gleichbedeutend mit einer andern: ob die Schöpfung ein augenblicklicher Act und jetzt vollendet, oder ob ſie ein ins Unendliche fortdauernder ſei? Erleiden jene Maſſen wirkliche Veränderungen, löst ſich das, was jetzt noch allgemein verbreitete Nebelmaſſe iſt, einſt in discrete Punkte auf, ſo haben wir eine Weltenſchöpfung beobachtet, ſo ſind Sonnenſyſteme unter unſern Augen aus dem Chaos hervorgegangen, wie einſt das unſrige hervorging, und wie deren in allen kommenden Zeiten hervorgehen werden. Dann werden wir eine Weltgeſchichte in einem höheren, jetzt noch nicht möglichen Sinne des Wortes, ſchreiben können, und um ſo vollſtändiger, als glücklicherweiſe hier ſich erſetzen läßt, was die Vorzeit verſäumte. Denn der Lichtſtrahl, der von den entfernteſten der Nebelmaſſen in das Rohr des irdiſchen Aſtronomen dringt, war eine längere Zeit unterwegs, als unſere Chronologen ſie kennen, und die Vorzeit, von welcher er uns Kunde giebt, liegt weit jenſeits aller Menſchengeſchichte. Was vor Myriaden, ja vor Millionen Jahren dort ſtattfand, können wir heut noch, und werden unſere ſpäteſten Nachkommen noch erforſchen können. Hier iſt es, wo ſich

Zeit und Raum auf die großartigste Weise identificiren und wo die ferne Vergangenheit kein blos metaphorischer Ausdruck mehr ist; hier ist eine Reihenfolge, vom Anfange alles Seins beginnend, und stufenweise durch alle Gradationen bis zur Gegenwart fortschreitend, vor unsern Augen aufgerollt. *)

Doch ich vergesse, daß ich der Gegenwart angehöre, daß es noch nicht an der Zeit ist, ein Bild auszumalen, das bis jetzt fast ganz im Reiche der Phantasie liegt, und daß nur die sorgfältigste und anhaltendste Untersuchung und naturgetreue Darstellung dieser merkwürdigsten Massen, wie sie bis jetzt noch keiner in genügendem Maaße zu Theil geworden, uns einst zu solchen Ergebnissen führen kann. Eine von Herschel angeregte Frage verdient besonders eine Untersuchung: ob die Geschwindigkeit des Lichts für jene entferntesten der Welteninseln dieselbe sei, wie für die Fixsternen- und Planetenwelt? Sie läßt eine Antwort zu, denn die Geschwindigkeit des Lichts bedingt die Größe der Aberrationsconstante, und ob diese mit der der benachbarten Fixsterne dieselbe sei,

*) Dieser Theil der Himmelsforschung wird auch insbesondere durch das vielbesprochene große Rosse'sche Teleskop gefördert werden, dessen außerordentliche Lichtstärke — sein größter Vorzug — nicht allein die Entdeckung vieler neuen Nebelflecke hoffen läßt, sondern auch manche bis jetzt unauflösliche in einzelne Lichtpunkte zerlegen wird. Weit weniger wird es in Absicht solcher Objecte leisten, denen erfolgreiche Resultate nur dann abzugewinnen sind, wenn man sie möglichst viele Stunden hindurch unausgesetzt verfolgt, wie der Mond und größtentheils auch die Planeten; denn die Aufstellung eines so riesenhaften Instruments kann nicht die unserer parallatisch montirten Achromate sein, mit denen wir ohne Mühe den ganzen Himmel abreichen. Das Rosse'sche Teleskop kann nur im Meridian und höchstens noch 8—10 Grad außerhalb desselben gebraucht werden, einen Gegenstand also nie viel über eine Stunde hintereinander verfolgen.

wird durch Meſſung der Diſtanz und des Richtungswinkels in verſchiedenen Jahreszeiten beſtimmbar ſein, wenigſtens in den Fällen, wo der Nebelfleck nicht zu unbeſtimmt begrenzt iſt, und wo man eine ſternförmige Verdichtung in der Mitte wahrnimmt. Beſondere Aufmerkſamkeit ſcheinen die Doppel- und vielfachen Nebel, die ein ſo getreues Analogon der Doppelſterne zeigen, zu verdienen. Möglich, daß ſie ſogar Bahnen um einander beſchreiben; ja mehr als blos möglich, inſofern das Geſetz der Schwere als ein allgemeines auch für jene Fernen betrachtet werden darf. Nur darf unſer Geſchlecht wohl nicht an eine Beſtimmung dieſer Bahnen denken bei jener rieſenhaften Unermeßlichkeit, in der unſer Wiſſen ſeine Grenze gefunden zu haben ſcheint. Wohl aber werden wir andere, höchſt wichtige Aufſchlüſſe erhalten, wenn die dürftigen Fragmente unſerer jetzigen Nebelfleckenkunde ſich zu einem ſyſtematiſchen Ganzen geſtaltet haben werden.

Denn bis jetzt haben wir dieſe räthſelhaften Körper noch nicht einmal claſſificirt, während doch das, was wir mit dieſem allgemeinen Namen bezeichnen, überaus große und weſentliche Verſchiedenheiten darzubieten ſcheint. Neben dem leichteſten Anflug einer nur unmerklich geringeren Schwärze des Himmels, the faintest thing imaginable nach Herſchel's naivem Ausdruck, ſteht ein dichter, bereits in Myriaden von Sternen aufgelöſter Haufen, ſtehen die Gruppen der Milchſtraße, die Präſepe und die Plejadengruppe; neben dem formloſeſten Lichtſchimmer ein ſphäriſch, elliptiſch oder ganz regelmäßig geſtalteter Nebelfleck, oft ſogar ſcharf begrenzt, oder groteske, räthſelhafte Formen, wie der Orion-Nebel. Sollte das Alles in Eine Kategorie gehören? Sollte hier nicht blos aſtronomiſche Unwiſſenheit einen gemeinſchaftlichen Namen geſetzt haben für Objecte, die in der That nichts Gemeinſames haben? Wir wiſſen es nicht, die Zukunft aber wird es wiſſen. Sie wird an die Stelle der 8 Herſchel-

ſchen Claſſen, die faſt nur graduelle Differenzen bezeichnen, andere, auf innere Beſtimmungen gegründete Kategorien ſetzen. Denn wenn jene Claſſentheilung der Gegenwart genügt und genügen muß, ſo iſt dies zwar kein Vorwurf, wohl aber ein Eingeſtändniß, daß wir noch nichts Beſſeres an ihre Stelle ſetzen können und alſo eigentlich noch nichts Specielles auf dieſem Felde wiſſen.

Es bietet dieſer Gegenſtand noch andere unerörterte Fragen dar, z. B. ob es Stellen des Himmelsgrundes gebe, welche dunkler als der übrige Himmel, alſo gleichſam negative Nebelflecke ſind. Auf der ſüdlichen Halbkugel haben ſchon frühere Seefahrer beim Kreuze und im Centauren große ſchwarze Flecke, unter dem Namen Kohlenſäcke bekannt, wahrgenommen. Man wird zu unterſuchen haben, ob dies nur eine relative Leere von Sternen, im Vergleich zu den benachbarten ſtark glänzenden Zonen, oder ob das Phänomen von der Art iſt, daß dieſe Erklärung nicht ausreicht. Es würde dies auf eine verſchiedene Durchſichtigkeit des Himmelsraumes, alſo auch wohl auf andere damit zuſammenhängende Verſchiedenheiten führen, z. B. auf Temperaturdifferenzen nach Poiſſons Hypotheſe. Die Aſtronomen des Nordens werden indeß nur wenig zur Entſcheidung dieſer Fragen beitragen können. Solche Unterſuchungen erfordern ununterbrochene Reihen von gleichförmig dunklen Nächten, wie ſie unſere Klimate faſt niemals bieten. Die Nächte der verſchiedenen Jahreszeiten geſtatten in höhern Breiten ſchon an ſich ſelbſt keinen Vergleich, auch wenn man von der Bewölkung ganz abſehen wollte, die uns ſtets den beſten Theil des Jahres gänzlich raubt und das Uebrige verkümmert. Unter den Tropen aber ſind Klimate zu finden, die Jahr aus Jahr ein ſich einer wenig unterbrochenen Heiterkeit erfreuen, und deren Nächte das ganze Jahr hindurch eine gleich tiefe Schwärze zeigen. Hier können Vergleichungen der relativen

Helle ſowohl einzelner Sterne als ganzer Regionen des Himmels mit Erfolg unternommen werden.

Gehen wir nunmehr über zu unſerer eigenen Fixſternwelt, zu derjenigen Welteninſel, von der auch unſere Sonne ein, wie es ſcheint, nicht ſehr hervorragendes Glied ausmacht. Wenngleich auch hier der Lichtſtrahl Jahrzehende und Jahrhunderte bedarf, um zu uns zu gelangen, ſo iſt doch, verglichen mit den Diſtanzen der Nebelflecke, die Entfernung von einigen Millionen Sonnenweiten noch immer für eine Nachbarſchaft zu halten. Hier iſt denn auch, und zwar nicht blos in neueſter Zeit, mehr geleiſtet worden. Die Oerter der Fixſterne zu beſtimmen, bedarf es keiner Rieſenfernröhre, ſie wären hierbei ſogar nachtheilig; und ſelbſt ohne Fernrohr unternahmen es bereits die Alexandriniſchen Aſtronomen, Fixſterne in Kataloge und Karten zu bringen. Was ein Timocharis und Hipparch begonnen, was ein Hevel und Flamſteed wieder aufnahmen, gelangte in der Mitte des 18. Jahrhunderts durch den großen britiſchen Aſtronomen Bradley zu einer Vollendung, welche ſelbſt den ſtrengſten Forderungen der neuern Wiſſenſchaft entſpricht. Durch ſeine und der neuern Aſtronomen Bemühungen ſind die allgemeinen Reductionselemente mit großer Genauigkeit beſtimmt, und eine noch größere Genauigkeit in nahe Ausſicht geſtellt. Durch die Anwendung dieſer Reductions-Conſtanten auf die Beobachtungen von Bradley bis Argelander ſind wir unter Anderm auch zu einer nicht mehr ganz oberflächlichen Kenntniß der eigenen Bewegungen der Fixſterne gelangt. Bereits läuft die Zahl der Sterne, deren Fortrückung nach Quantität und Richtung mit einiger Zuverläſſigkeit beſtimmt iſt, in das zweite Halbtauſend, und ſie wird raſch in die Tauſende wachſen. Schon jetzt hat Argelander aus dieſen Bewegungen, in denen ſich die wahre eigene Fortrückung mit der unſeres Sonnenſyſtems verbindet, die letztere glücklich

eliminirt und uns den Punkt im Gestirn des Hercules, wohin wir mit dem gesammten Planetensystem rücken, bezeichnet. Bald wird auch die absolute Quantität dieser Bewegung innerhalb gewisser Grenzen bekannt sein: ein Resultat, worauf die Zukunft weiter fortbauend zu den allerwichtigsten Aufschlüssen gelangen wird. Vor Allem scheint nöthig, die Sterne des südlichen Himmels aufs Sorgfältigste und Beharrlichste zu beobachten; denn wenn einst auch diese mitstimmen, so wird die Sicherheit des Resultats erheblich gewinnen. Dazu werden ferner die feinen Untersuchungen über die Fixsternparallaxen dienen, welche in neuester Zeit zu einem ersten Gelingen geführt worden sind. Wir wissen jetzt, daß 61 Cygni 600,000, α Lyrae etwa 800,000 Sonnenweiten von uns entfernt und daß α Centauri, als der uns wahrscheinlich nächste Fixstern, auf etwa 220,000 Distanz zu setzen ist. Fortschreitend auf dieser Bahn, wird man die scheinbaren eigenen Bewegungen der Fixsterne auf wahre, in absoluter Quantität gegebene, reduciren. Die nähere Vergleichung dieser Bewegungen wird uns die Gruppen kennen lehren, die eine und dieselbe Bewegung gemeinschaftlich haben, und weiterhin auch die Lage des Schwerpunkts dieser Gruppen. Schon ist in der Plejadengruppe durch Bessel diese gemeinsame Bewegung erkannt, und es leidet kaum mehr einen Zweifel, daß Alcyone die Centralsonne dieses großen Heeres von Fixsternen sei, das dem bloßen Auge nur noch als so eben auflöslicher Nebelfleck erscheint. Noch Ein Schritt, und wir werden die partiellen Bewegungen innerhalb dieses Systems von der allgemeinen sondern, und den einzelnen Gliedern der Gruppe ihre Bahn anweisen.

Mit diesen Untersuchungen werden Bestimmungen der Lichtstärke, die bisher nur auf Schätzung beruhten, Hand in Hand gehen. Steinheil hat die Bahn dazu gebrochen, diesen Schätzungen Messungen zu substituiren. Seine pho-

tometriſchen Arbeiten haben bis jetzt nur geringe Reſultate geliefert, aber ſie ſind die Grundlage weiterer Vervollkommnungen. Dann wird allmälig das noch formloſe Ganze der Fixſternwelt, zu der wir gehören, beſtimmte Geſtalt und Ausdehnung gewinnen; dann wird unſerer eigenen Sonne ihr Ort in demſelben angewieſen werden, und eben ſo den übrigen Geſtirnen; dann wird man die Sternenfülle der verſchiedenen Regionen unſeres Firmaments nicht mehr nach ſcheinbaren, ſondern nach wahren Dimenſionen, denen dann auch die dritte nicht länger fehlen wird, abwägen, und die Geſetze der Fixſternvertheilung, von denen wir noch nichts wiſſen, aus den Beobachtungen entwickeln. Und ſo wird man endlich zu einer ſichern Beantwortung der ſchon oft aufgeworfenen Frage gelangen: ob unſere geſammte Fixſternwelt Ein gemeinſames Bewegungscentrum habe, wo dieſes zu ſuchen ſei und was ſich in ihm befinde? Denn dieſe noch vor Kurzem etwas leichthin behandelte Frage ſcheint der Löſung keineswegs ſo nahe, als diejenigen wähnten, die Alles nach bloßen Analogien conſtruiren. Wie Monde und Planeten um Sonnen, ſo laufen auch die Sonnen um eine Centralſonne — dies ſchien ausgemacht, und man bezeichnete ziemlich voreilig den Sirius als ſolche. Aber noch haben wir keine einzige Thatſache der Beobachtung, welche uns auf dieſen Stern wieſe, der freilich der hellſte Fixſtern iſt, allein doch die nächſt hellen zu wenig überwiegt,*) um darauf allein eine ſolche Vermuthung zu gründen. Auf alle Fälle ſcheint es, daß, wenngleich in der Fixſternwelt ein Zuſammengehörendes, ein Syſtem im weitern Sinne des Worts

*) Der bei uns unſichtbare Canopus giebt den Sirius ſehr wenig nach; Wega, Capella, α Centauri kommen ihm gleichfalls ſo nahe, daß auf den größern Glanz des Sirius kein beſonderes Gewicht gelegt werden kann.

gegeben ist, doch die Analogie mit dem Sonnensysteme keineswegs so groß sei, als man früher wohl voraussetzte.

Ist erst diese Hauptfrage erledigt, so werden sich auch manche ziemlich räthselhafte Wahrnehmungen deuten lassen, die jetzt noch häufig die Phantasie auf ihr Feld hinüberzieht: wir meinen die veränderlichen, die neu erschienenen und verschwundenen Sterne, sowie die verschiedenen Sternfarben. Alles, was wir bis jetzt darüber sagen können, ist die Bemerkung, daß die Fixsterne zwar sämmtlich selbstleuchtend sind, sonst aber im Allgemeinen wenig haben mögen, was allen Fixsternen ohne Ausnahme zukommt, und daß nicht allein das Quantitative, sondern auch wohl das Qualitative des Lichts in den verschiedenen Fixsternen merklich verschieden und in nicht wenigen derselben periodischen Veränderungen unterworfen sei, über deren Quelle wir nichts wissen können.

Diese Betrachtungen führen uns von selbst auf den großen Lichtgürtel, der unser Himmelsgewölbe umgiebt, und der uns noch so unbekannt ist. Herschel's Beobachtungen haben bestätigt, was schon die Alten vermutheten, daß er aus einer großen Menge sehr kleiner, d. h. sehr entlegener Sterne bestehe: er schätzt ihre Zahl auf 18 Millionen. Man hat die Zusammendrängung dieser Sterne blos perspectivisch durch eine linsenförmige Gestalt der gesammten Weltinsel, zu welcher wir gehören, erklären wollen; unterstützt wird diese Erklärung durch die Bemerkung, daß um die Pole der Milchstraße herum die größte Sternenleere stattfindet. Doch scheinen die Ausläufer der Milchstraße, der an mehreren Stellen ganz deutlich doppelte Zug derselben, der sehr verschiedene Glanz ihrer einzelnen, auch an Breite höchst ungleichen Regionen, endlich auch die für ein blos relatives Maximum der Verdichtung doch noch zu scharf erscheinende Begrenzung dieses Gürtels der angedeuteten Hypothese nicht eben günstig; und vielleicht ist die Milchstraße ein ungeheurer,

mehrfach gegliederter Ring, welcher die das Centrum einnehmende Masse der übrigen Fixsterne in beträchtlicher Entfernung umgiebt. Eben so ist es auch unentschieden, ob dieser Gürtel ganz und gar aus einzelnen Sternen bestehe, oder neben diesen noch Nebelmaterie zeige, die nicht in Sterne aufgelöst werden kann. Denn ein hellerer Grund des Himmels wird fast überall noch wahrgenommen, auch im kraftvollsten Fernrohr und bei der größten Menge von Sternen. Er mag also, wie man dies von den Nebelflecken vermuthet, noch Urmaterie enthalten, und vielleicht erscheint unsere gesammte Fixsternwelt sammt der Milchstraße aus weitern Fernen als ein Nebelfleck mit einem dichtern Kern in seinem Centrum, oder auch als ein Ring, wie der bekannte Sternenring in der Leyer.

Wenn hier der Zukunft noch fast Alles überlassen ist, so ist dagegen nach einer andern Seite hin die Kenntniß des Fixsternhimmels bedeutend vorgerückt — wir meinen die Doppelsterne. Auf eine wahrhaft überraschende Weise ist das Dutzend, worauf sich noch zu Bradley's Zeiten unsere Kenntniß beschränkte, durch Herschel zu vielen Hunderten, durch Struve sogar hoch in die Tausende hinein angewachsen. Was vor nicht gar langer Zeit wenig beachtet ward und für blos zufällig galt, was dem ehrlichen Christian Mayer, der zuerst einige nicht unglückliche, nur ihm selbst noch nicht klare Ideen über diese Fixsternbegleiter äußerte, sogar Spott zuzog, hat nunmehr eine Wichtigkeit erlangt und zu Folgerungen und Aufschlüssen geführt, die selbst Herschel noch nicht ahnte, wenngleich er selbst schon die gegenseitigen Stellungsveränderungen wahrnahm und richtig deutete. Es bedarf jetzt des Beweises nicht mehr, daß wir es hier — wenigstens in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle — nicht mit blos optischen Combinationen zu thun haben. Es sind vielmehr Sonnen, die um andere

Sonnen, richtiger gesagt, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt zweier oder auch mehrerer Sonnen laufen, die unter einander, wenn auch immerhin sehr weit abstehend, doch nicht mehr durch das, was wir Fixsternweiten nennen, getrennt sind: Systeme eigenthümlicher und höherer Art, die nächste Stufe aufwärts von den Planetensystemen, in denen sich aber schon deutlich ausspricht, daß in diesen höhern Ordnungen nicht, wie in den niederen, ein tausend- und millionenfaches Uebergewicht des Centralkörpers stattfinde, wenigstens hier zu den seltenen Ausnahmen gehöre. Der Anfang, die wahrgenommenen Bewegungen als Umlaufsbewegung dem Calcul zu unterwerfen und Kepler'sche Ellipsen aus ihnen abzuleiten, ist gemacht: das Newton'sche Gesetz hat auch hier seinen Triumph gefeiert, und wie schwierig auch die oft auf Bruchtheile von Secunden herabgehende Kleinheit der scheinbaren Abstände die Beobachtungen macht; wie groß auch verhältnißmäßig die Unsicherheit der daraus hergeleiteten Bahnelemente sein möge: so haben sich doch die vorausberechneten Ephemeriden in mehreren Fällen sehr glücklich bestätigt. Durch die Arbeiten Savary's, Encke's, Herschel's II. und meine eigenen sind uns Fixsternsysteme bekannt geworden, deren Umlaufszeit zwischen die des Saturn und Uranus fällt; gegen 50 andere, bei denen Jahrhunderte erfordert werden, bei denen es aber aus den bisherigen, kaum 60 Jahre (in den günstigsten Fällen) umfassenden Beobachtungen schon nicht mehr möglich ist, ein vollständiges Elementensystem, wenn auch nur ganz im Rohen, darzustellen; etwa 400, bei denen die mit Sicherheit constatirten Beobachtungen auf Umlaufszeiten von Jahrtausenden schließen lassen, und wo bis jetzt der Calcul noch sehr wenig ausrichten kann; endlich das große Heer der übrigen, die noch gar keine Stellungsveränderung verrathen, bei denen aber gleichwohl ein physischer Connex, einzelne seltene Fälle ausgenommen,

unabweisbar ist, so daß man bei ihnen Umlaufszeiten, die sich in die Zehn- und Hunderttausende von Jahren erstrecken, annehmen muß. Hier ist also ein Anfang gemacht, aber zur Zeit nur ein schwacher; denn die größte Beharrlichkeit und der glücklichste Scharfsinn vermögen doch nicht der Zeit vorauszueilen. Die Zukunft wird die Ernte halten, und jedes kommende Jahrzehend neue Doppelsternbahnen den alten hinzufügen, sowie diese schärfer und genauer darstellen. Nach den bisherigen Rechnungen zu schließen, sind diese Bahnen im Durchschnitt weder so nahe kreisförmig als die Planeten- und Mondbahnen, noch so elliptisch wie die der meisten Kometen. Doch reichen die bisherigen Ergebnisse noch nicht hin, hierüber etwas Bestimmtes festzusetzen; und noch weniger sind wir darüber schon zur Gewißheit gekommen, ob etwa die Ebenen, in denen diese Umläufe geschehen, sich wie die der Planetenbahnen einer mittlerer Grundebene nahezu anschließen, als welche man z. B. die Ebene der Milchstraße anzunehmen sich geneigt fühlen könnte, oder ob sie, wie die Kometenbahnen, keiner allgemeinen Regel rücksichtlich der Lage ihrer Ebenen unterworfrn sind. Wäre Ersteres der Fall, so wäre damit ein sehr wichtiges Moment für den Zusammenhang und die innere Constitution der Fixsternwelt gegeben.

Die Doppelsterne, sowie die verhältnißmäßig wenigen 3, 4 bis 6fachen, die bis jetzt beobachtet sind, bilden indeß offenbar nur die einfachste, unterste Ordnung der Systeme, die wir in der Fixsternwelt setzen müssen, insofern wir hier das Gesetz der Schwere walten lassen. Kaum der zwanzigste Theil der Sterne bis zur 9. Größe sind Doppelsterne, wenn man für die letztern die Grenzen bis 32″ Distanz annimmt. Eine von unserer Willkühr, ohne einen andern Grund als die Nothwendigkeit, die schon so riesenhafte Arbeit nicht zu einer unendlichen zu machen, gesteckte Grenze ist sicher nicht die der Natur, und es wird viele physische Doppelsterne

geben, die über 32 Secunden, vielleicht mehrere Minuten und selbst Grade von einander entfernt sind. Ein Conner der angegebenen Art ist kaum zweifelhaft zwischen den 3 Sternen im Gürtel des Orion, denen des südlichen Kreuzes und mehreren andern, wie bereits Struve dies nachgewiesen hat. Gleichwohl dürften noch viele isolirte Sterne übrig bleiben, die eine solche engere Verbindung mit einem oder einigen andern nicht eingegangen sind und einsam wie die mondlosen Planeten ihre Bahn, die einem System höherer Ordnung angehören muß, dahinrollen; wie dies z. B. augenscheinlich bei unserer Sonne der Fall ist, die nur dunkle Körper, von denen hier nicht die Rede ist, zu ihren Begleitern zählt. Dagegen ist der der Sonne nächste Fixstern, α Centauri, ein wirklicher Doppelstern, und zwar der glänzendste unter allen, welche uns das Firmament bietet.

Auf solche Systeme höherer Ordnung, die aber doch wieder in Bezug auf das Ganze nur Particularsysteme sind, wird man auch noch durch eine andere Betrachtung geführt. Auch die verschiedenen Doppelsternpaare gruppiren sich am Himmel viel zu deutlich, um eine bloße Zufälligkeit anzunehmen. In die 41,200 Quadratgrade des Himmels vertheilen sich, wenn man die von Herschel II. aufgefundenen den obigen hinzuzählt, etwa 4000 Doppelsterne, also durchschnittlich einer auf einem kreisförmigen Raume, dessen Durchmesser 3° 37′ beträgt. Der Fall, daß zwei oder gar mehrere Doppelsternpaare innerhalb desselben Quadratgrades, ja selbst innerhalb desselben Feldes eines großen Fernrohrs liegen, müßte hiernach ein seltener sein: er ist dies aber keineswegs. Zwei glänzende Doppelsternpaare in der Leyer (ε und 5 Lyrae) stehen noch nicht 5′ auseinander, und so finden wir an einigen Orten bis zu 5 Sternenpaare innerhalb eines mit 12′ Radius beschriebenen Kreises, wobei es zugleich sehr auffallen muß, daß in diesen einander nahe-

ſtehenden Paaren meiſtens gleiche oder doch ſehr ähnliche Größenverhältniſſe der einzelnen Glieder gefunden werden. Alſo auch dies iſt kein blos optiſcher Connex, und die ſo gruppirten Sterne ſind eine Verbindung höherer Art mit einander eingegangen, und ein Syſtem von Sonnen kreiſt um den Schwerpunkt, der zwiſchen ihm und einem zweiten oder noch mehreren Syſtemen ähnlicher Art ſtattfindet. Aber welche mächtige Kreiſe! Wenn wir die beiden oben angeführten Sternenpaare in der Leyer, in deren jedem einzelnen man ſchon Bewegung wahrgenommen hat, beiſpielsweiſe unterſuchen, ſo daß wir ſtatt der wirklichen Diſtanzen und mittleren Anomalien, die wir nicht kennen, die ſcheinbaren Diſtanzen und Winkelbewegungen ſetzen, und Keplers zweites Geſetz anwenden: ſo werden wir auf eine Umlaufszeit von etwa einer Million Jahre geführt, ſo daß erſt nach einem Jahrtauſend eine Stellungsveränderung mit einiger Sicherheit wahrzunehmen ſein wird.

Und gewiß iſt dies noch nicht die letzte, ja wahrſcheinlich noch nicht die vorletzte der aufwärts gezählten Ordnungen, und es iſt kaum einem Zweifel unterworfen, daß ſich dieſe Gruppen von Gruppen abermals gruppiren, ohne daß wir einen Maaßſtab fänden, der uns die Grenze dieſer Potenzirungen an die Hand gäbe, oder das Zeitmaaß, welches die letzte und höchſte der Perioden bezeichnet, auch nur in Gedanken erreichen könnten. Wo bleiben da die Maaße, die für uns Zeit und Raum beſtimmen!

Man kann indeß bei dieſer Betrachtung die Bemerkung nicht unterdrücken, daß dieſe Verbindungen, je höher hinauf, deſto lockerer zu werden ſcheinen. Schon in den niederſten dieſer Fixſterngruppen, den Doppelſternen, iſt der Fall ſelten, daß einer der beiden Sterne um mehr als 3 Größenclaſſen den andern überglänzt: die einzelnen Glieder eines ſolchen Paares ſtehen einander dem Glanze, und alſo auch wohl der

Maſſe nach weit näher, als zwei beliebig gewählte Fixſterne im mittleren Durchſchnitt. Dagegen iſt der Fall ſehr häufig, daß ſie kaum oder gar nicht von einander zu unterſcheiden ſind, wie bei γ Virginis und γ Arietis, obgleich die große Nähe die Wahrnehmung ſelbſt ſehr kleiner Unterſchiede des Glanzes offenbar begünſtigt. Alſo ſchon hier fängt der Begriff eines Centralkörpers an uns zu entſchwinden; ſchon hier begegnen wir einer bedeutenden Ermäßigung der ſtreng monarchiſchen Form, nach welcher das Sonnenſyſtem und ſeine ihm untergeordneten Gruppen organiſirt ſind. Noch mehr aber verſchwindet der Gegenſatz zwiſchen Central- und ſecundärem Körper, wenn wir höher hinaufſteigen. Es ſind dies, wenn ich mich ſo ausdrücken darf, freier organiſirte Verbindungen beiläufig gleich potenter Glieder, und da ſie auch in Beziehung auf das Licht und die davon abhängenden phyſiſchen Verhältniſſe von einander unabhängig und nicht wie die Monde und Planeten auf einen Centralkörper angewieſen ſind: ſo haben wir hier einen bedeutſamen Fingerzeig, in blos analogen Schlüſſen vorſichtig und zurückhaltend zu ſein und nichts als ſicher und ausgemacht anzunehmen, was durch keine Thatſache der Beobachtung unterſtützt iſt. Schon oben bemerkten wir, daß ſich keine Centralſonne finden wolle, die dem Fixſternſyſtem das ſei, was die Sonne den Planeten iſt: die gegenwärtigen Betrachtungen dürften zu dem Schluſſe führen, daß wir auch nach keiner zu ſuchen haben. Ein weites Feld für die Forſchungen künftiger Analyſten! Nicht auf die Mittelpunkte phyſiſcher Maſſen, ſondern auf ideelle Schwerpunkte im freien Weltraume müſſen hier die Bewegungen bezogen werden, und es wird nicht länger genügen, das Problem der drei Körper blos unter den beſchränkten Vorausſetzungen, die unſer Sonnenſyſtem darbietet, aufzulöſen. Wir ahnen eine große, wundervolle Harmonie, aber wir dürfen auch ſelbſt für unſere Nachkommen nicht mehr

hoffen, als daß ſie einzelne Accorde derſelben auffaſſen werden. Wir haben ihnen ein Feld der Forſchung eröffnet, das unermeßlich zu werden verſpricht und Alles, was die Zukunft an Erfindungen und Vervollkommnungen der theoretiſchen wie der praktiſchen Hülfsmittel bieten dürfte, in vollen Anſpruch nehmen wird.

Aber alles dies, wird man entgegnen, betrifft die Bahnen und Bewegungen: ſoll denn dieſe ins Unermeßliche gehende Arbeit uns nie etwas über dieſe Körper ſelbſt lehren? Sollen wir ihre Größe, ihre Oberfläche, ihre innere Natur nie kennen lernen? Nie die Planeten und Kometen, welche um ſie kreiſen? Es iſt mißlich, mit Nein zu antworten in einer Zeit, die ſo Vieles früher für chimäriſch Geachtete unter unſeren Augen verwirklicht, die mit Lichtſtrahlen zeichnet und uns die Luft als feſten Körper in die Hand giebt, die verborgenſten Kräfte der Natur hervorzieht und dienſtbar macht. Dennoch aber wage ich es auszuſprechen, daß die Erdbewohner nie über jene Fragen direct etwas erfahren werden. Man gebe einem Fixſtern einen hundertmal ſo großen Durchmeſſer als der Sonne, ſetze ihn alſo zu dieſer in ein Verhältniß, wie die Sonne zur Erde ſteht, und er wird dennoch, wenn er nicht eine weit größere Parallaxe als die bisher erforſchten hat, im ſtärkſten Fernrohr als untheilbarer Punkt erſcheinen müſſen und nur die von der Form und Oeffnung des Objectivs abhängende falſche Scheibe zeigen. Sind die Fixſterne durchſchnittlich ſo groß als unſere Sonne, ſo erſcheint z. B. α Centauri unter einem Halbmeſſer von $^1/_{114}''$, und α Lyrae unter einem von $^1/_{450}''$, 61 Cygni von $^1/_{310}''$; und noch exiſtirt kein Fernrohr, welches über einen Halbmeſſer von $^1/_2''$ mit Gewißheit entſcheiden ließe. Die angeführten Beiſpiele ſind allem Anſchein nach die, wo die Parallaxen und alſo auch die ſcheinbaren Durchmeſſer (unter obiger Vorausſetzung) noch am größten herauskommen; denn das Mißlingen ähnlicher Unterſuchungen bei allen übrigen

Sternen ſcheint nur dadurch ſeine Erklärung zu finden, daß die Parallaxe zu klein ſelbſt für unſere ſchärfſten mikrometriſchen Hülfsmittel iſt. — Die Maſſen dagegen kennen zu lernen, iſt allerdings eine Ausſicht vorhanden bei Doppelſternen, wenn es nämlich gelingt, neben den Elementen ihrer Bahn, in welcher die ſcheinbaren Halbmeſſer vorkommen, auch die Parallaxen zu erforſchen, wodurch die ſcheinbaren ſich in wahre Diſtanzen verwandeln, aus denen man dann nach Keplers Regel die Summe der beiden Maſſen ableitet, welche das Doppelgeſtirn bilden. Ein Anfang iſt gemacht: die beiden Sterne, welche 61 Cygni bilden, haben zwiſchen $^1/_2$ und $^2/_3$ der Sonnenmaſſe. Damit aber ſind keineswegs die Volumina, und alſo auch nicht die Durchmeſſer gegeben, denn es fehlt uns die Dichtigkeit, und nur wenn wir uns erlauben wollen, dieſe z. B. der unſerer Sonne gleich zu ſetzen, können wir jene hypothetiſch daraus ableiten. Ihre Planeten und Kometen werden wir nie ſehen, weil aus jenen Fernen nichts, was nicht mit eigenem Lichte leuchtet, in unſer Rohr gelangen kann. Man bedenke, daß noch kein Komet, ſelbſt nicht der große von 1811, bis zur Jupitersbahn verfolgt werden konnte, alſo nicht bis zu $^1/_{40000}$ der Diſtanz, welche uns vom nächſten Fixſtern trennt. Man betrachte das bleiche, trübgraue Licht des gewaltigen Uranus und frage ſich, was in zehn- und hunderttauſendfachen Entfernungen von ihm noch wahrnehmbar ſein könnte. — Von einigen Fixſternen werden wir die Rotationen erforſchen oder haben ſie ſchon erforſcht, unter der Vorausſetzung nämlich, daß der an ihnen wahrgenommene Lichtwechſel von einer ſolchen Rotation herrühre. Allein ſchon jetzt ergeben ſich in mehreren einzelnen Fällen Zweifel über die Zuläſſigkeit oder doch Wahrſcheinlichkeit einer ſolchen Hypotheſe. Wenn Algol z. B. 66 Stunden hindurch in gleicher Helle glänzt, und ſodann 3 Stunden lang die vierte ſtatt der zweiten Größe zeigt, alſo nur $^1/_6$ ſeines frühern

Lichtes zur Erde ſendet, ſo reicht eine Rotation zur Erklärung nicht aus, man möge ſich die dunklen Flecke der Oberfläche vertheilt denken, wie man wolle.

Was wir bis jetzt von Veränderungen in der Fixſternwelt wahrgenommen haben, beſchränkt ſich auf äußerſt wenige iſolirte Thatſachen, deren keine bis jetzt genügend erklärt iſt. Die verſchwundenen wie die neu erſchienenen Sterne gehören zu den allerſeltenſten Phänomenen, und es iſt den Zeitgenoſſen einer Begebenheit wie der neue Stern 1572—1574, der am hellen Tage ſichtbar war, nicht ſehr zu verargen, wenn ſie an das Ungeheuerſte und Gewaltſamſte, an eine im Feuer untergehende Welt dachten. Nur wird es geſtattet ſein, hier, wo ſo viele Möglichkeiten offen ſtehen, eine ſolche zu wählen, welche mit einer bleibenden Ordnung der Dinge verträglich iſt. Wenn die freilich weniger beglaubigten analogen Erſcheinungen 1260 und 945 einigen Grund haben — in der That deuten ſie auf dieſelbe Gegend des Himmels, die Caſſiopeja, hin — ſo iſt eine Periode von 315 Jahren nicht unwahrſcheinlich, und die Entſcheidung werden die letzten Decennien des gegenwärtigen Jahrhunderts geben. —

Unſere bisherigen Betrachtungen führten uns in weite Fernen, und allerdings ſind ſie es hauptſächlich, in welchen die Wiſſenſchaft der künftigen Jahrhunderte ihre Triumphe feiern wird, aber ſie ſind es nicht ausſchließlich. Kein Kenner der Aſtronomie wird das, was wir von unſerm Sonnenſyſtem, von der Beſchaffenheit ſeiner einzelnen Globen bis jetzt wiſſen, als etwas Fertiges und Abgeſchloſſenes betrachten wollen. Noch iſt nach keiner einzigen Seite hin die Aufgabe durchgeführt, ſelbſt nicht im Verhältniß zu den gegenwärtigen Hülfsmitteln, ja die Löſung mancher Frage hat noch gar nicht begonnen. Der Stoff, welcher ſich hier bietet, würde für ſich allein ſchon hinreichen, die Sternwarten in die regſte Thätigkeit zu ſetzen. Außer den nie zu verſäu-

menden absoluten Ortsbestimmungen, durch welche allein es möglich ist, den wahren Bahnelementen immer näher zu kommen, werden die Partialsysteme des Jupiter, Saturn und Uranus noch manches Jahrhundert hindurch die Riesenfernröhre beschäftigen. Daß die große Entfernung besonders der beiden letzten Planeten kein absolutes Hinderniß einer genauen Kenntniß sei, davon läßt sich ein glänzendes Beispiel aufführen. Saturn und sein System stehen fast 4000mal weiter als der Mond von der Erde ab, und dennoch hat Bessel, indem er vier Jahre hindurch die Kraft seines Heliometers auf den 6. Saturnsmond wandte, seine Bahn mit allen Nebenbestimmungen fast eben so genau abgeleitet, als die unseres eigenen Trabanten. Er hat die Schärfe seines Calculs bis auf die Störungen, die dieser Satellit durch die Anziehung der Ringe erleidet, ausgedehnt; er hat daraus einen numerischen Ausdruck für die Masse des Ringes ($^1/_{118}$ der Saturnsmasse) und unter der Hypothese einer gleichen Dichtigkeit wie Saturn, auch seine Dicke (29 geogr. Meilen) abgeleitet. Nichts hindert, dieselbe Sorgfalt auch allen übrigen Trabanten zu Theil werden zu lassen. Höchst merkwürdige Wechselbeziehungen hat uns bereits das Jupitersystem kennen gelehrt. Das Partialsystem Saturns, das reichste und mannigfaltigste von allen, wird uns davon noch mehrere und ganz eigenthümliche darstellen, und die Analysis wird hier Probleme lösen, die über die Gestalt der Ringe, über die Richtung der gegenseitigen Anziehungskräfte, über die Vertheilung des Flüssigen auf Saturn und seinen Ringen u. s. w. belehren werden. Ein Umstand verdient die besondere Aufmerksamkeit der Beobachter. Sind die Räume zwischen Planet und Ring, sowie zwischen den verschiedenen Ringen wirklich leerer Himmelsraum? Bei der großen Nähe dieser Massen einerseits und ihrer Lockerheit andererseits liegt die Vermuthung nahe, daß wenigstens eine atmosphärische

Verbindung zwiſchen ihnen fortbeſteht, wie ſie einſt gewiß beſtand. Noch iſt keine Beobachtung bekannt, daß man zwiſchen Saturn und ſeinen Ringen hindurch einen Fixſtern geſehen. Der freilich ſehr ſeltene Fall verdient alle Aufmerkſamkeit und die ſorgfältigſte Vorausberechnung.

Sind erſt die Uranusmonde ſämmtlich wieder entdeckt (was wohl nur der tiefſte Stand dieſes Planeten für Europa in den letzten 30 Jahren verhinderte), ſo wird man ſich nicht mehr damit begnügen wollen, womit der erſte Entdecker, der uns wenig mehr als eine dunkle Kunde ihres Daſeins gegeben, ſich begnügen mußte. Er fand ihrer ſechs, von denen er indeß nur zwei als ganz gewiß bezeichnete: leicht könnten die übrigen feine teleſkopiſche Fixſterne geweſen ſein. Jene beiden haben Herſchel II. am Cap und nun auch Lamont in Bogenhauſen geſehen, Letzterer auch noch einen dritten, und ſie haben ihre Bahnen, ſoweit die ungemein ſchwierige Beobachtung es zuließ, abgeleitet.

Ferner wird eine ſorgfältige Unterſuchung derjenigen Räume, wo noch Planeten zu vermuthen ſind, entweder das Sonnenſyſtem erweitern oder uns den Beſtand deſſelben als einen abgeſchloſſenen kennen lehren. Von zwei Regionen des Planetenraums iſt Letzteres anzunehmen, nemlich von dem zwiſchen Merkur und Mars, und dem zwiſchen Jupiter und Uranus. Die Aufmerkſamkeit der Aſtronomen, ſeit Bode 1777 auf die Lücke zwiſchen beiden hindeutete und Piazzi glücklich den erſten Fund darin that, war vorzugsweiſe dieſer Mittelregion zugewendet; merkwürdiger Weiſe aber ſind, nachdem in noch nicht 7 Jahren 4 kleine Planeten gefunden wurden, in den letzten 39 Jahren keine neuen hinzugekommen. Fehlen ſie wirklich, oder hat ihnen bisher nur ein zweiter Olbers gefehlt?

Aber auch nach der innern und äußern Grenze des Planetenraumes hin möge die Forſchung ſich richten. Schwabe

in Deſſau, der nun durch zwanzig Jahre die Sonnenoberfläche zu ſeinem Studium macht, wird hoffentlich einen Nacheiferer in heitern tropiſchen Gegenden finden. Ein ſolcher wird erwarten dürfen, alle Körper, die ſich zwiſchen Erde und Sonne aufhalten, irgend einmal durch die Sonne gehen zu ſehen, und ſchon die ſehr kurze Zeit von einigen Minuten wird ihn an ſeiner Bewegung, die mindeſtens dreißigmal raſcher als die eines Sonnenflecks iſt, erkennen laſſen. Was für die äußere Grenze zu thun ſei, iſt oben bereits erörtert worden.

Gehen wir nunmehr über zu dem, was die Oberflächen der Planeten uns darbieten. Früherhin ward dieſer Gegenſtand faſt nur gelegentlich von den Aſtronomen unterſucht, und was Hevel, Caſſini, Maraldi mit ihren unvollkommenen chromatiſchen Ferngläſern geleiſtet, blieb bis ſpät ins 18. Jahrhundert hinein das Einzige, was wir beſaßen. Herſchel I. nahm die Forſchungen wieder auf, Schröter eiferte ihm nach, doch noch fehlten der Aſtronomie die rechten Mittel, und den Beobachtern häufig eine Uebung, zu der ſonſt dieſe Wiſſenſchaft nicht viel Veranlaſſung giebt, die im freien Handzeichnen. Die „Royal Astronomers“ hielten es zum Theil ſogar unter ihrer Würde, ſich dieſem Zweige zu widmen, und Maskelyne hat von Herſchel's großartigen Unterſuchungen möglichſt wenig Notiz genommen. Jetzt, wo die Sternwarten ſich nach und nach mit Rieſenfernröhren bewaffnen, haben ſolche Unterſuchungen aufs Neue begonnen, und dies Mal von beſſern Rechnungsmethoden unterſtützt und nach einem ſtrengeren Plane fortgeführt. Der mehr als 100jährige ſonderbare Streit über die Rotation der Venus iſt endlich ganz vor Kurzem eben da entſchieden, wo er angeregt ward, in der alten ewigen Roma, und Bianchini's Periode, die ſo ſonderbar abwich, iſt wohl nun für immer beſeitigt. Karten der Planetenoberflächen ſind im Entſtehen begriffen;

die Flecke werden in Bezug auf ihre Veränderlichkeit unterſucht. Hier ſteht noch eine reiche Ernte, eine große Erweiterung und Vervollſtändigung unſerer noch fragmentariſch dürftigen Kenntniß bevor. Man wird auf dieſe Weiſe erfahren, was die Planeten in phyſiſcher Beziehung mit einander gemein haben und worin ſie verſchieden ſind, ob Atmoſphären, und von welcher Beſchaffenheit, ſie umhüllen, ob ihre Oberflächentheile conſtant oder veränderlich ſeien. Selbſt ihre Witterungsphänomene mögen Einiges darbieten, was uns nicht unerforſchlich iſt; die veränderlichen Schneezonen des Mars, in denen ſowohl der Wechſel der Jahreszeiten, als auch das verſchiedene Verhalten der beiden Halbkugeln kaum zu verkennen iſt, geben uns ſchon jetzt ein Beiſpiel. Viel Vorſicht wird freilich nöthig ſein, um nicht in die alten Fehler zu verfallen, die ſelbſt ein Huygens und Fontenelle nicht vermieden und die heut in der ſogenannten Conjectural-Aſtronomie wiederum gefährliche Klippen bilden: ich meine die voreilige Neugier, mit welcher man Dinge herauszubringen ſich bemüht, die nicht ohne die willkührlichſten Annahmen aus den Beobachtungen gefolgert werden können, und die ſich in der Frage nach den Bewohnern der Weltkörper concentriren. Wir werden nie ſie ſelbſt kennen lernen, allerdings aber Manches, was ſie betrifft. Verbunden mit den bekannten Verhältniſſen der Dichtigkeit und Schwere an der Oberfläche werden die auf phyſiſche Veränderungen zu beziehenden Beobachtungen wenigſtens die Frage: ob jene Planetenbewohner in phyſiſcher Beziehung uns ähnlich ſein können, und wie weit im entgegengeſetzten Falle die Verſchiedenheiten mindeſtens gehen müſſen, beantworten. Darauf aber müſſen die Erwartungen ſich beſchränken; wer durchaus mehr verlangt, als die Wiſſenſchaft ihm bieten kann, wird ſeine Zuflucht zu jenen poetiſirenden Producten nehmen müſſen, die mehr oder minder dreiſt uns über Leben und

Treiben auf den Planeten und Monden belehren, und an denen es wohl auch in Zukunft nicht fehlen wird.

Da wir hier nur mit Hinblick auf dieſe ſprechen, ſo ſei ein anderer hierher gehörender Gegenſtand nur kurz erwähnt, da er in der Gegenwart ſchon genügend dargeſtellt werden kann und theilweiſe ſchon iſt: nemlich diejenigen kosmiſchen Verhältniſſe, die ſich aus den bekannten Umlaufs- und Rotations-Elementen für die Oberfläche eines Planeten ergeben. Wie und in welchem Verhältniß werden ſeine einzelnen Zonen beleuchtet und ſolar erwärmt? Wie ordnen ſich die Jahres-, Tages- und vielleicht noch andere intermediäre Zeiten? Was erblickt er an ſeinem Himmel und in welcher Folge? Welche aſtronomiſche Phänomene bieten ſich ihm dar, und wie ſind ſeine Bewohner in Bezug auf Himmelsforſchung und Kunde des Univerſums äußerlich geſtellt? In welchen Punkten ſtehen ſie gegen den Forſcher auf unſerer Erde im Vortheil und in welchen im Nachtheil? Auf dieſe und ähnliche Fragen iſt die Antwort im Grunde gar nicht ſchwer, und ſie wird nur da lückenhaft ausfallen, wo die Rotationselemente nicht oder nicht vollſtändig gegeben ſind (bei den Bahnelementen iſt dies nirgends der Fall). Man hatte dieſe einfachen und gleichwohl ganz und gar nicht unwichtigen Folgerungen, bei denen keine Hypotheſenklippe zu fürchten war, vielleicht zu lange verſäumt, während man nicht müde ward, den Stein des Siſyphus zu wälzen und über Unerforſchliches hin und her zu reden.

Das Geſagte gilt nun insbeſondere von demjenigen Weltkörper, der uns zum unmittelbarſten Begleiter gegeben iſt, vom Monde der Erde. Seine verhältnißmäßig ſo geringe Entfernung gewährt die Möglichkeit, ſchon mit bloßem Auge auf ſeiner Oberfläche Verſchiedenheiten wahrzunehmen in einem Detail, wie wir es nur durch ſehr ſtarke Ferngläſer bei einigen wenigen der Planeten erhalten können. Der Er-

findung des Fernrohrs waren faſt unmittelbar die erſten Verſuche gefolgt, ſeine Oberfläche darzuſtellen, und bereits Galilei eröffnet dieſe ſelenographiſchen Beſtrebungen. Hevel, Riccioli, Caſſini im 17., J. Mayer, Lahire und Schröter im 18. Jahrhundert gaben mit mehr oder minderem Erfolge Karten des Mondes; Letzterer ging tiefer ins Detail als ſeine Vorgänger, verband aber ſeine Fragmente nicht zu einem ſyſtematiſchen Ganzen. Das gegenwärtige Jahrhundert iſt auch hierin planmäßiger und ſtrenger zu Werke gegangen, und die Methode, welche die jüngſten Selenographen, unter ihnen auch der Verfaſſer, befolgt haben, wird ſich auch bei noch detaillirteren Darſtellungen bewähren. Auch ſind ſeine Berge und Thäler nach ihren verticalen Dimenſionen, ſo weit dies möglich, beſtimmt worden, und dieſe Arbeiten haben uns ſogar zur aſtronomiſchen Plaſtik, einem ganz neuen Zweige der praktiſchen Wiſſenſchaft, geführt, als deſſen geniale Schöpferin Wilhelmine Witte in Hannover zu bezeichnen iſt. Ihre Arbeiten erwarten noch die Hülfe der Galvanoplaſtik, um gemeinnütziger zu werden, als ein einzelnes Cabinetsſtück es ſein kann. Allein obgleich man es mit Händen greifen kann, obgleich viele Gegenden unſerer Erde, was die Kenntniß ihrer äußeren Geſtaltung betrifft, gegen unſern Trabanten, wie ihn dieſe neueſten Arbeiten dargeſtellt haben, weit zurückſtehen, — dennoch ſind Erwartungen, wie ſie ſchon das vorige Jahrhundert hegte, unbefriedigt geblieben und mußten es bleiben. Als durch die Herſchel'ſchen Teleſkope plötzlich ein Rieſenſchritt im Herbeiziehen der Weltkörper geſchah, war man ängſtlich geſpannt auf den Moment, wo es gelingen würde, die Seleniten zu erblicken. Schröter glaubte auch in der That zwar nicht ſie ſelbſt, doch einiges auf ſie zu Beziehende gefunden zu haben; dreiſter noch trat Grüithuyſen mit Behauptungen auf, die vom großen Publikum günſtiger als

von den Aſtronomen aufgenommen wurden. Er wollte die Wohnungen der Seleniten entdeckt haben, gab uns Pläne ihrer Feſtungswerke, beſtimmte die Vegetationsverhältniſſe, ſelbſt den organiſchen Bau der Mondbewohner glaubte er in gewiſſen Punkten wenigſtens beſtimmen zu können. — Wird man auf dieſem Wege fortfahren, da doch wohl die Neigung der Menſchen, Wunderbares zu hören, dieſelbe bleiben wird? Wir hoffen: Nein. Mit einer gründlichen Forſchung, die alles Thatſächliche auf ſichere Weiſe beſtimmt und die Reſultate ihrer Meſſungen und Berechnungen im Zuſammenhange darſtellt, vertragen ſich nicht ſolche apokryphiſche, eines gewiſſen Helldunkels bedürfende Beobachtungen. Wer fortan auf dem Monde Neues entdeckt — und es iſt dort noch Vieles zu entdecken — wird ſogleich den ſelenographiſchen Ort auf der Karte nachweiſen können, und die Prüfung wird leicht und ſicher ſein. Auch der nicht aſtronomiſche Theil des Publikums wird an einem ſolchen Treiben, wie wir es bisher ſo häufig geſehen, zuletzt keinen Gefallen mehr finden. Die wiſſenſchaftliche Mondforſchung verfolgt ein würdigeres Ziel, und kümmert ſich nicht um jene Wundergeſchichten. Sie ſucht für ihre dieſeits zu cultivirende Geologie ein Gegenbild in einer mit jener zu paralleliſirenden Selenologie. Sie fragt, wie, wenn und in welcher Stufenfolge das, was uns jetzt vor Augen liegt, entſtanden ſei; ſie hofft, zu mancher auf unſerer Erde bereits unkenntlich gewordenen, gealterten und abgeſtorbenen Form die noch friſche, ungeſtörte, ſcharfausgeſprochene — wenngleich örtlich modificirte — im Monde zu finden. Sie will wiſſen, ob Veränderungen, wie unſer Erdkörper ſie erlitten und theilweiſe noch erleidet, auch auf dem Monde noch jetzt wahrnehmbar ſind; ſie will das gegenſeitige Verhalten der verſchiedenen, dem Monde eigenthümlichen Formen kennen lernen. Die Frage über eine die Atmoſphäre erſetzende Umhüllung,

nach einem die Stelle unſers Waſſers einnehmenden Fluidum — nachdem ſie ſich überzeugt hat, daß ſie unſere Luft, unſer Waſſer dort nicht zu ſuchen habe — will ſie, wenn irgend möglich, zur Entſcheidung führen, ſowie den Urſachen der Verſchiedenheit des Lichtreflexes auf die Spur kommen. Das eigenthümliche Rotationsverhältniß des Mondes, vermöge deſſen faſt eine volle Hälfte ſeiner Oberfläche der Erde auf immer verborgen bleibt, und deſſen Grund ſie bereits theoretiſch nachgewieſen, will ſie bis in ſeine feinſten Einzelnheiten hinein erforſcht ſehen und die noch etwa übrig gebliebenen Schwankungen ermitteln, da dieſe geſtatten, direct auf das urſprüngliche Verhältniß zurückzuſchließen. Und wenn ſie auch die Fragen über Bewohnbarkeit und wirklich exiſtirende Bewohner des Mondes nicht ganz aus ihrem Bereiche verweiſt, ſo werden ſie dennoch im Vergleich zu den angeführten ſtets von untergeordnetem Werthe bleiben, nicht als ob ſie an ſich ſelbſt gleichgültig wären, ſondern weil ſie ſich ſtets nur indirect, mit Vorbehalten und unter Vorausſetzungen, werden beantworten laſſen; und weil zu Tage liegt, daß voreilige Speculation über dieſe tranſcendenten Gegenſtände uns wohl für den Augenblick angenehm zu unterhalten, nicht aber wiſſenſchaftlich weiter zu führen vermag.

Dazu verlangt ſie eine den optiſchen Hülfsmitteln angemeſſene, möglichſt detaillirte Darſtellung der Mondoberfläche, ihrer Farben und Formen, nach wiſſenſchaftlichen Principien ausgeführt. Gegenwärtig iſt die Aufgabe wohl ziemlich ſo weit gelöſt, als der Einzelne ſie löſen kann; denn dem Fernrohr läßt ſich zwar ein größeres, aber der Dauer des Menſchenlebens nicht ein längeres ſubſtituiren. An eine Vereinigung Mehrerer zu einem gemeinſchaftlichen Werke dieſer Art, — die auch nicht blos äußere Schwierigkeiten, ſondern noch größere in der Natur des Gegenſtandes ſelbſt

findet — iſt vorerſt nicht zu denken, auch wohl kaum zu wünſchen, daß die der Aſtronomie im Ganzen zu Gebote ſtehenden, nichts weniger als im Uebermaaß vorhandenen Kräfte einem einzelnen Object mit Benachtheiligung der andern gewidmet werden möchten. Daher ſcheint es, daß wir in der nächſten Zukunft von denen, welchen Rieſenfernröhre zu Gebote ſtehen, und welche ſich einer ſolchen Arbeit unterziehen, nur detaillirte Darſtellungen einzelner Mondlandſchaften erhalten werden. Nicht eher, bis man möglichſt ins Einzelne gegangen iſt, die kleinſte Bergkuppe, den niedrigſten Landrücken, den feinſten Krater, die ſchmalſte Rille, die das Fernrohr irgend zur Anſchauung bringen kann, dargeſtellt hat, wird ein Urtheil über etwaige phyſiſche, reelle Veränderungen geſtattet ſein. Möglich indeß, daß der Gegenſtand einſt ein eigenthümliches Intereſſe gewinnt, und daß eine Vereinigung, wie ſie oben angedeutet, zu Stande kommt und die äußeren Bedingungen des Gelingens geſichert ſieht.

Es ſchien angemeſſen, das Zukunftbild der Himmelskunde in einiger Ausführlichkeit zu geben. Der Verfaſſer fürchtet nicht, daß man ihn einer Anmaßung zeihen, einen prophetiſirenden Ton in ſeiner Darſtellung finden werde. Wenn eine Wiſſenſchaft dahin gelangt iſt, ſich ihres Zieles und der zu ſeiner Erreichung führenden Mittel bewußt zu ſein, ſo darf ſie es wagen, in die Zukunft zu ſchauen; und einzelnen ausgezeichneten Geiſtern iſt dies ſogar ſchon früher vergönnt. Wie ſchön hat ſich Seneca's Wort, wozu ihm die Kometenerſcheinungen ſeiner Zeit Veranlaſſung gaben, anderthalb Jahrtauſende ſpäter erfüllt, — an einem Orte freilich, wo er es wohl nicht erwartet hatte — in den hyperborei-

ſchen Wäldern!*) Wie richtig hat Halley der Nachwelt den Weg gewieſen, wie ſie die Parallaxe der Sonne und mit ihr alle räumlichen Dimenſionen innerhalb ihres Syſtems zu finden habe! Das Wo und Wie bliebe dahingeſtellt. Die Wiſſenſchaften in ihrer höhern Vollendung können nur gedacht werden als ein Gemeingut der Menſchheit, und ein Volk, das ſich in ihnen iſoliren will, hat ſich ſelbſt ſein Urtheil geſprochen. Nur die Bemerkung ſei uns geſtattet, daß wir nicht zu denen gehören, die einen neuen Einbruch der Barbarei — von Innen oder Außen her — ähnlich dem, welcher der Blüthe des claſſiſchen Alterthums ein ſo trauriges Grab bereitete, fürchten. Längſt hat die Wiſſenſchaft auch über die rohe Naturkraft geſiegt, und die Intereſſen der civiliſirten Völker ſind viel zu eng verſchwiſtert, als daß ſie ſich im wilden Kampfe ihren eigenen Untergang und damit auch den der Wiſſenſchaft bereiten ſollten. Vielmehr halten wir den Fortſchritt des Wiſſens äußerlich für geſicherter als je, und ſind überzeugt, daß es ſich zu unentbehrlich gemacht habe, um je in Verachtung und Vergeſſenheit ſinken zu können. Was nun die Aſtronomie insbeſondere betrifft, ſo hat ſie eine Seite, nach welcher ſie materielle Wichtigkeit für die Schifffahrt, die Zeitrechnung und viele andere Momente des Völkerverkehrs behauptet; eine andere dagegen,

*) Hier ſeine Worte: „Wundern wir uns nicht, daß wir das Geſetz der Bewegung der Kometen, deren Anblick uns ſo ſelten geſtattet iſt, nicht kennen; daß wir weder Anfang noch Ende des Umlaufs dieſer Geſtirne, die aus unermeßlichen Fernen zu uns herniederſteigen, erforſcht haben. Kaum ſind es funfzehnhundert Jahre, daß Griechenland die Geſtirne gezählt, daß es ihnen Namen gegeben hat. — — Einſt wird der Tag kommen, wo durch jahrhundertlanges, fortgeſetztes Studium klar werden wird, was jetzt noch verborgen iſt, und die Nachwelt wird erſtaunen, daß ſo einfache Wahrheiten uns entgehen konnten.“

wo sie nur allein im Dienste des Geistes steht, und ihn die erhabensten Ideen über Gott und Welt, über Zeit und Raum fassen läßt. Von einer Zeit, die mehr und mehr dem Praktischen, den materiellen Interessen, der Entwickelung und Dienstbarmachung der Naturkräfte sich zuwendet, und die von der Noth des Augenblicks auch mächtig genug zu dieser Richtung getrieben wird, könnte man vielleicht die Befürchtung hegen, sie werde nur die eine, die praktische Seite der Astronomie in ihren Schutz nehmen, sie werde die Himmelskunde blos *brauchen*, nicht sich an ihr *erheben* wollen; und es läßt sich nicht läugnen, daß schon manche Stimmen in diesem Sinne laut geworden sind, und man gefragt hat, ob die großen Summen, die namentlich mehrere neue Sternwarten gekostet haben und fortwährend kosten, nicht hätten nützlicher (!) angewandt werden können und sollen. — Von der andern Seite tritt die Astronomie, wenn auch nicht in offenen Kampf, doch in ein gespanntes Verhältniß zu denen, welchen die frühere fast ausschließlich philologische Richtung der Gelehrsamkeit besser zusagte und die sich in den Glauben hineinstudirt hatten, alles Große und Vortreffliche, alles Schöne und Erhabne sei nur bei den Alten zu finden, nur durch sie zu erlangen. Es ist natürlich, daß diejenigen, welche die bezeichnete Richtung genommen hatten und in ihr allein das Heil erblickten, die es durchgesetzt hatten, ausschließlich für eigentliche Gelehrte zu gelten, und in einer ewigen Abhängigkeit von den alten Classikern die Bestimmung der Menschheit sahen, mit scheelen Augen Fortschritte betrachteten, die auf ganz anderen und selbstständigeren Wegen gewonnen waren und deren Ziel im Unendlichen lag. Noch heut muß sich die Astronomie aus den Lehrplanen der Schulen größtentheils verdrängt sehen, und man gönnt ihr höchstens ein Nebenplätzchen unter der Aegide der Physik oder der Geographie. — Doch wir sind ohne Furcht. Ihre

innere Trefflichkeit, die Consequenz ihrer Lehrsätze, die überraschend großartigen Resultate, zu denen sie geführt hat und führen wird, ihr ernster und — wenn der Ausdruck erlaubt ist — religiöser Charakter — religiös nicht im beschränkten, engherzig kirchlichen, sondern im universellsten und erhabensten Sinne, den dieses Wort haben kann — muß die Zahl ihrer Verehrer fortwährend wachsen lassen, und da sie kein System als das der Natur, kein Vaterland als die Wahrheit kennt, so wird sie nie an individuelle Ansichten und Richtungen gebunden sein und nie Parteizwecken dienen können. Wir sahen leider bisher noch keine Religion, noch keine Philosophie ohne Beinamen, die Astronomie aber hat sich, seit sie ihrer ersten Kindheit entwachsen war, nie einen solchen aufdringen lassen und wird es auch in Zukunft nie. In ihr wird der Geist Erhebung und Kräftigung, das Gemüth Sammlung und Ruhe finden; zu ihr werden sich endlich Alle wenden, die ein Höheres suchen, als diese Erde ihnen bieten kann.

Und haben wir nun noch denen zu antworten, die nach dem Nutzen fragen und kaufmännisch Kosten und Gewinn berechnen? Wir haben schon oben angedeutet, daß die Astronomie des materiellen Nutzens nichts weniger als baar ist, und wir wissen, daß es in ihr so wenig als in andern Zweigen der Naturwissenschaft möglich sein wird, den im engern Sinne praktischen Theil von dem reinwissenschaftlichen abzusondern in dem Sinne, daß man den ersteren ganz und allein hätte. Aber wir wollen an diese Instanz nicht appelliren, und glauben es auch nicht nöthig zu haben. Wir wollen der Menschheit nützen und freuen uns, wenn in Folge des durch uns gesicherten Curses der Schiffe Menschenleben vor dem Untergange bewahrt werden und wenn die durch unsere Mitwirkung entstandenen und fortwährend berichtigten Karten den Völkerverkehr erleichtern und befördern; aber wir wollen

den Werth unſerer Leiſtungen nicht durch mercantile Rückſichten beſtimmen laſſen, nicht unſere Berechtigung auf dieſe Baſis gründen.

„Wenn man mich fragt — ſagte einſt ein tiefer Denker — welchen Nutzen hat dieſe oder jene Wahrheit, ſo weiß ich nichts Vortheilhafteres für ſie zu erwiedern als: ſie nützt zu Nichts. Nützen heißt Mittel ſein zu etwas Gutem, allein die Wahrheit iſt ein Gut an ſich, und zwar das höchſte; zu welchem höhern alſo ſollte ſie führen, wozu noch nützen?“ In der That wer bei Allem nach dem Nutzen fragt, geräth in einen immerwährenden Widerſpruch mit ſich ſelbſt: er will das Niedere um des Höheren willen, und verſchmäht doch das Höchſte, weil er über ihm hinaus nichts mehr erlangen kann. — Noch hat es wahrlich Niemanden gereut, ſich mit reinem Sinne dem Dienſte der Wiſſenſchaft gewidmet zu haben, und noch kein edles Gemüth hat ſich von den Lehren, welche die Betrachtung des Himmels darbietet, hinweggewandt. Jedem noch durch kein Vorurtheil verblendeten Menſchen ſagt es eine innere Stimme, daß er in der Naturbetrachtung die Gottheit finden werde: und von welchem Zweige des Wiſſens gälte dies mehr, als von der Aſtronomie!

Und wäre es kein Gewinn, daß Aberglauben und Vorurtheile aller Art ſchwinden müſſen vor dem Lichte, das die Wiſſenſchaft aufſteckt? Man gehe zurück in die Vorzeit und ſehe, wie nicht allein der gemeine Mann, ſondern auch die höhern Claſſen der Geſellſchaft von abergläubiſchen Thorheiten beherrſcht werden, wie ſelbſt der Gelehrte ſich nicht ganz von ihnen frei machen kann. Die Gräuelthaten, die der Aberglaube in ſeinem Gefolge hat, und vor denen unſer Zeitalter zurückſchaudert, ſind vielleicht noch nicht das ſchlimmſte der Uebel, das er der Menſchheit bereitete. Was iſt denn die Natur dem in ſolchen Thorheiten Befangenen? Er ſteht

ja in ihr nicht den Tempel des allweisen und allmächtigen Gottes, sondern den wüsten Tummelplatz von Schreckbildern seiner Phantasie; er kann keine reine Freude an ihr haben, nicht an ihren Herrlichkeiten seinen Geist erheben, sondern er muß sie fliehen als die Werkstätte gespenstischer Wesen, die ihm tückisch auflauern und gegen die er sich schwach und ohnmächtig fühlt. Was nur im Geringsten aus dem Gewohnten und Alltäglichen heraustritt, erfüllt ihn mit Furcht, denn nicht der liebende Schöpfer, sondern eine zürnende und rachedürstende Gottheit tritt ihm entgegen. Soll ich das trostlose Bild noch weiter ausmalen? Glücklich, wer in einer denkenden Naturbetrachtung das einzig sichere Mittel gefunden hat, vor dieser Geißel des Menschengeschlechts auf immer bewahrt zu bleiben. In ihrer Cultur in ihrer immer weitern Ausbreitung bis in die untersten Kreise des Volks liegt das einzige Mittel, die Hyder mit Erfolg zu bekämpfen. Sie wird einst unterliegen, um nie wieder das Haupt zu erheben, und alsdann erst wird die Menschheit ihres Daseins wahrhaft froh werden.

Wir haben unsere Ueberzeugung ausgesprochen, daß die Astronomie nicht stille stehen, daß sie noch weniger in die alte Verachtung und Vernachlässigung zurücksinken könne: wir sehen die Erfüllung alles dessen, was wir als Hoffnung angedeutet, im Geiste vor uns. Wir glauben, daß unter den Mächtigen dieser Erde auch in Zukunft ein Wetteifer stattfinden werde, sie zu fördern, und erwarten von diesem Streben die schönsten Früchte: aber wir sind auch überzeugt, daß kein noch so mächtiger Sterblicher im Stande sei, ihren siegenden Lauf zu hemmen. Fest gewurzelt, wie sie schon jetzt steht, muß und wird sie sich je länger desto mehr ausbreiten, und ohne sich berauschen zu lassen von dem Namen einer Königin der Wissenschaften, den man ihr gegeben, mit ihren ebenbürtigen Schwestern Hand in Hand gehen, das

große Werk der Menschenerziehung zu fördern, denn sie bedarf nicht der äußeren Herrschaft. Jenes stolzen Titels wird sie nur eingedenk sein, um stets ihre innere Würde zu bewahren und den Geschlechtern der Erde zu bethätigen, daß sie himmlischen Ursprungs sei.

Schlußbemerkungen.

Die Vollendung dieses Werks hat eine längere Zeit auf sich warten lassen, als dem Leser wie dem Verfasser lieb gewesen sein mag. Dringende anderweitige Berufsgeschäfte und Reisen des Autors tragen den größten Theil der Schuld: gleichwohl würde es ganz gut möglich gewesen sein, schon vor geraumer Zeit fertig zu werden, wenn ich mich hätte darauf beschränken wollen, nur bereits früher gedruckte Aufsätze, etwa mit der nöthigen Ueberarbeitung, hier zusammenzustellen. Ich glaubte aber dem der ersten Lieferung zu Theil gewordenen Beifall nicht besser entgegnen zu können, als indem ich theils mehrere ganz neue Abhandlungen hinzufügte, so daß diese jetzt mehr als ein Drittel des Ganzen umfassen, theils aber die früheren erheblicher und dem neuesten Zustande der Wissenschaft entsprechender umgestaltete.

Wenn man dessen ungeachtet die beiden allerjüngsten wichtigen Entdeckungen, die eines neuen Planeten im December 1845 und die einer Kometentheilung in zwei besondere Körper im Januar 1846 in diesen Briefen vermissen wird, so hat dies seinen Grund darin, weil wir beider Erscheinungen bisher nur als merkwürdiger Phänomene gedenken,

ein wissenschaftliches Resultat jedoch noch nicht geben konnten. Mit einer bloßen Wiederholung dessen, was durch die Tagespresse ohnehin bekannt genug ist, wäre schwerlich Jemandem gedient gewesen. Ergebnisse von bleibendem Werthe sind erst dann zu erwarten, wenn die gegenwärtige Erscheinung beider Körper vorüber, und namentlich von dem letztern alle Beobachtungen, die in den verschiedenen Gegenden der Erde angestellt sein mögen, gesammelt und berechnet sind.

Druckfehler.

S. IV. Z. 3 v. u. lies: einem gelehrten Fache statt: einer gelehrten Epoche

S. 137 Z. 11 v. u. } lies: Baily statt: Bailly
S. 138 Z. 3 v. o. }

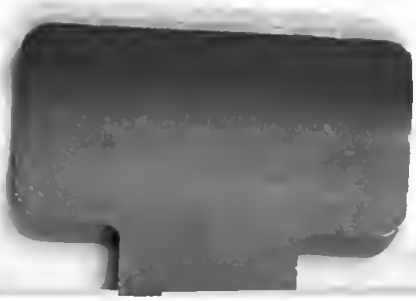
S. 176 Z. 12 v. o. lies: Sauerstoff statt: Feuerstoff

S. 281 Z. 5 v. u. lies: nach statt: noch

S. 319 Z. 8 v. o. fehlt nach neunzehnten das Wort Jahrhundert

S. 332 Z. 10 v. o. lies: 700,000 statt: 70,000

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

614372

Digitized by Google